

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И. И. ПОЛЗУНОВА

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АВТОМОБИЛЬНОГО  
ТРАНСПОРТА  
(АВАТ-2022)**

**Сборник статей  
Всероссийской научно-практической конференции  
(15-16 декабря 2022 года)**

ISBN 978-5-7568-1438-5



АлтГТУ

Барнаул • 2023

Об издании – [1](#), [2](#)

© Алтайский государственный технический  
университет им. И. И. Ползунова, 2023

УДК 656.13

Актуальные вопросы автомобильного транспорта (АВАТ-2022) : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (15-16 декабря 2022 года, г. Барнаул) / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ, 2023. – 142 с. – URL : [https://journal.altstu.ru/konf\\_2022/2022\\_22/114/](https://journal.altstu.ru/konf_2022/2022_22/114/). – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7568-1438-5

Конференция посвящена актуальным вопросам современной науки и практики в области автомобильного транспорта. Сборник включает статьи конференции, проведенной 15-16 декабря 2022 года в г. Барнауле. Материалы издаются в авторской редакции.

Организатор конференции – ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

**Ответственные редакторы:**

Баранов Алексей Сергеевич – декан ФЭАТ, к.т.н., доцент,  
заведующий кафедрой АиАХ;

Панин Алексей Владимирович – к.т.н., доцент кафедры АиАХ

*Рецензенты:*

**Орлов Н. В.**, президент НП «Автомобильные перевозчики Алтая»;

**Беляев В. И.**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственной техники и технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»

Материалы конференции  
Минимальные системные требования  
Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т.п.  
скорость подключения - не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т.п.

Дата подписания к использованию 27.02.2023. Объем издания – 6 Мб.  
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46,  
<https://www.altstu.ru>.

ISBN 978-5-7568-1438-5

[вперед \(оглавление\)](#)

© Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

### «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, СИСТЕМ И АГРЕГАТОВ»

<b>Воронин А.С., Сеницын В.А., Кузьмин А.Г.</b> Повышение технико-экономических параметров дизеля оптимизацией его теплового состояния.....	6
<b>Горбачев А.В., Коростелев С.А.</b> Распределение силы тяги между колесными движителями тандемного моста.....	8
<b>Каргин В.А., Рейнгардт С.С., Свистула А.Е.</b> Исследование характеристик кулачкового механизма ТНВД с дезаксиалом.....	12
<b>Кокиева Г.Е., Шапошников Ю.А.</b> Исследование механизации обработки семенного картофеля.....	16
<b>Пыжанкин Г.В., Коростелев С.А., Щербак К.А.</b> Расчетное исследование влияния ДВС постоянной мощности на тяговые характеристики трактора.....	20
<b>Розов И.В., Титов С.В.</b> Обзор и анализ способов хранения водородного топлива на транспортных средствах.....	26
<b>Салеев Ф.И.</b> О совершенствовании центробежных вентиляторов системы очистки зернокомбайнов.....	30
<b>Саночкин А.С., Свистула А.Е., Брякотин М.Э.</b> Применение системы газодинамического наддува для повышения эффективности тракторного двигателя 6ЧН13/14.....	33
<b>Саночкин А.С., Мальцев В.С., Свистула А.Е., Брякотин М.Э.</b> Применение комбинированного наддува на двигателе постоянной мощности .....	37
<b>Сарсенов А.А., Коростелев С.А., Корнеев Н.С.</b> Определение геометрических параметров цевочного зацепления трелевочного трактора.....	41
<b>Свещинский В.О., Лукичев А.О., Свистула А.Е.</b> Попытка косвенной оценки остаточных напряжений в топливопроводе высокого давления при различных углахгиба.....	44
<b>Сеницын В.А., Воронин А.С.</b> Особенности уравнивания транспортных V-образных двигателей.....	48
<b>Сурин Р.О., Ус С.С., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В.</b> 3D-моделирование и исследование перспективных средств механизации.....	51
<b>Тельцов Д.С., Андриющенко С.П., Дмитриев А.С., Титов С.В., Юр Г.С.</b> Влияние дисперсности капель водотопливной эмульсии на характеристики рабочего процесса судового дизеля.....	56
<b>Швецов И.В., Дмитриев А.С., Титов С.В., Юр Г.С.</b> Получение водородсодержащего газа из дизельного топлива при кавитации.....	60
<b>Ярославцев А.О., Герман Е.А.</b> Конструкции поршней современных автотракторных дизелей.....	62

## **«ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»**

<b>Баранов А.С.</b> Повышение эффективности газодизельных двигателей внутреннего сгорания.....	65
<b>Валекжанин А.И.</b> Нормирование расхода топлива для легковых автомобилей.....	68
<b>Капралов С.С., Шапошников Ю.А., Николайцев Д.А.</b> Совершенствование методов покраски автомобилей.....	71
<b>Курманова Л.С., Карпенко М.Ю., Миронов М.С.</b> Возможности использования аммиака в качестве моторного топлива в транспортных энергетических установках.....	77
<b>Левин В.Ф.</b> Безразборные методы уменьшения расхода масла в ДВС.....	80
<b>Матяш С.П., Речкин С.В., Булаев Е.А.</b> Исследование работы предпускового электрического подогревателя дизельного двигателя в условиях отрицательных температур.....	83
<b>Панин А.В.</b> Облегчение пуска дизельного двигателя путем подогрева топлива .....	87
<b>Ус С.С., Сурин Р.О., Кузнецов Е.Е.</b> Перспективный комплекс инклинометрической безразборной диагностики транспортно-технологических машин и комплексов .....	92
<b>Федюнин П.И., Сырбаков А.П., Таскаев М.А.</b> Проблемы подготовки транспортного средства к зимней эксплуатации.....	96
<b>Шапошников Ю.А., Миллер П.С.</b> Особенности восстановления кузова и рамы автомобиля .....	99
<b>Шумов Н.В., Недобежкин Д.С.</b> Модернизация конструкции теневого автомобильного тренажера.....	104
<b>Шумов Н.В., Саманков В.В.</b> Метод оценки эффективности работы светофорных объектов.....	107

## **«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА, ТРАНСПОРТА И АПК»**

<b>Куприенко А.Н., Грешенштейн А.П., Журин Е.В.</b> Проблемы организации выделенной полосы для общественного транспорта: тематическое исследование .....	110
<b>Папаскау А.А., Мякишев В.С., Павленко В.М.</b> Обзор математических методов выбора потребителями видов городского пассажирского транспорта.....	115
<b>Псеровская Е.Д., Строкань А.А.</b> Логистические особенности перевозок грузов в смешанном сообщении.....	119

## **«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ»**

<b>Нечаев К.С., Балгобаева А.Т.</b> Анализ дорожно-транспортных происшествий с участием несовершеннолетних на территории города Барнаула.....	123
---	-----

**Печатнова Е.В., Джурко И.А.** Варианты снижения наездов на пешеходов на федеральных дорогах с помощью интеллектуальных транспортных систем.....127

**«ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА,  
ТРАНСПОРТА И АПК»**

**Баранов А.С.** Проблемы подготовки кадров по УГНС 23.00.00.....131

**Баранова Е.В., Баранов А.С.** Региональный опыт системы повышения квалификации в области подготовки кадров для транспорта.....134

**Панин А.В.** Тесты учебных достижений как средство формирования навыков самоконтроля студентов на примере курса «Организационно-производственные структуры технической эксплуатации».....138

# «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, СИСТЕМ И АГРЕГАТОВ»

## ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЯ ОПТИМИЗАЦИЕЙ ЕГО ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ

Воронин Андрей Станиславович, аспирант, [asvoronin71@mail.ru](mailto:asvoronin71@mail.ru)

Синицын Владимир Александрович, д.т.н., профессор, [prorektor\\_agtu@mail.ru](mailto:prorektor_agtu@mail.ru)

Кузьмин Алексей Геннадьевич, к.т.н., доцент, [a.kuzmin@bk.ru](mailto:a.kuzmin@bk.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье анализируется проблема снижения уровня теплонапряженности дизелей путем анализа граничных условий теплообмена, условий протекания процесса теплообмена в цилиндре дизеля, поддержания нормального теплового режима деталей ЦПГ и анализ некоторых мероприятий по снижению уровня теплонапряженности деталей ЦПГ.*

**Ключевые слова:** дизель, теплообмен, теплонапряженность, тепловой режим.

Теплопередача в ДВС является одним из определяющих и наиболее сложных процессов. При этом следует исходить из того, что тепловое состояние деталей ЦПГ (цилиндропоршневой группы), формирующее и, зачастую, предопределяющее качество протекания процессов в цилиндре двигателя, имеет непосредственный выход на все его основные технико-экономические показатели.

Многообразие и неоднозначность действующих факторов, нестационарность параметров теплообмена в условиях эксплуатации, изменение условий теплопереноса вследствие вариаций режимных, конструктивных, регулировочных и других параметров двигателя требуют накопления и систематизации информации о тепловом состоянии деталей двигателя, о его влиянии на рабочий процесс, о методах и средствах экспериментального исследования параметров теплообмена, а также способах оптимизации температурного состояния деталей ЦПГ.

Опыт эксплуатации двигателей различного назначения показывает, что как высокий, так и относительно низкий тепловой режим работы двигателей влияет на уровень их надежности. Высокие и низкие температуры деталей, ограничивающих «огневое» пространство, имеют для каждой детали свои определенные, безопасные уровни. Установлено, что не менее 30-35 % всех неполадок в двигателях (недобор мощности, снижение экономичности, повышенный износ, отказы и даже аварии) вызываются ненормальным (небезопасным) тепловым состоянием всех или отдельных деталей ЦПГ.

Во время работы двигателя наиболее значительным тепловым нагрузкам подвергаются поршни, головки блока, гильзы и клапаны. Высокая температура деталей приводит к уменьшению зазоров, снижению прочности материалов, повышению градиентов температур в теле детали, а, следовательно, и температурных напряжений, а также к увеличению интенсивности отложений продуктов окисления и полимеризации масел.

Так, перегрев поршня вызывает зависание колец, схватывание поршня в гильзе, выгорание днища и образования на нем трещин, а перегрев гильзы – ее деформацию, снижение прочности масляной пленки и ускорение старения масла. Следствием перегрева головок блока могут являться трещины перемычек между клапанами, пробой прокладок и нарушение герметичности. Перегрев клапанов обуславливает их деформацию, эрозию металла, образование трещин и сколов на фасках.

Важным фактором, влияющим на работоспособность деталей ЦПГ, являются не только верхние (критические) значения температур, но и тепловая «недогруженность» элементов тепловоспринимающих поверхностей.

Снижение температуры всех деталей ЦПГ наступает при уменьшении нагрузки на двигатель, снижении температуры охлаждающей жидкости и в ряде других случаев. Относительно низкие температуры деталей могут привести к негативным последствиям: при

определенных условиях, часто имеющих место в эксплуатации, снижение температуры деталей ведет к снижению эффективной мощности и экономичности, увеличению износа.

Пониженная температура охлаждающей жидкости способствует снижению температуры масла на стенках цилиндра, что обуславливает рост потерь на трение пары поршень-втулка, в результате чего значительно снижается экономичность двигателя.

Другим фактором, на который оказывает существенное влияние понижение температуры охлаждающей жидкости, является рост износа деталей ЦПГ.

Многолетний опыт двигателестроения позволяет рекомендовать следующие безопасные верхние значения температур в характерных точках деталей ЦПГ.

1. Максимальная температура днища поршня со стороны газов:

для поршней из чугуна -	340-400 °С;
для поршней из легких сплавов -	250-350 °С;
для поршней из сталей -	400-450 °С.

При более высоких значениях температуры происходит изменение структуры металла и резкое снижение его механических свойств. Такие температуры могут наблюдаться при зависании иглы распылителя форсунки, нарушении формы факела топлива и изменении его дальности из-за закоксовывания сопел форсунки, ухудшении воздухообеспечения, работе двигателя при высокой температуре окружающего воздуха.

2. Максимальная температура днища поршня со стороны его охлаждения (орошение, галерейное, циркуляционное охлаждение).

При масляном охлаждении, единственно приемлемом для мало- и среднеразмерных дизелей (с диаметром цилиндра до 360 мм) указанная температура не должна превышать 190-200°С. При более высокой температуре начинается

3. Температура поршня в зоне первого поршневого кольца определяет состояние масляной пленки и поршневых колец - их упругость, подвижность в канавках. Эта температура над первой канавкой не должна превышать 160-240°С, учитывая что лакообразование минеральных масел начинается при температуре 230-250°С. Лакообразование приводит к залеганию поршневых колец, перегреву и заклиниванию поршня.

4. Максимальная температура головки цилиндров (обычно в зоне перемычки между клапанами) не должна превышать 340-370 °С для чугунных головок.

5. Температура внутренней поверхности гильзы цилиндра на уровне первого поршневого кольца не должна превышать 160-200 °С. В то же время температура внутренней поверхности не должна быть ниже точки росы водяных паров в продуктах сгорания, которая составляет около 145-150 °С.

6. Температура выпускных клапанов не должна превышать 650-700 °С (в центре тарелки) и 400-500 °С у посадочного пояса и ограничивается высокотемпературной коррозией жаропрочных сплавов, которая, в частности, может привести к неплотной посадке клапанов и их “прогарам”.

7. Температура распылителя форсунки не должна превышать 220-250 °С, что ограничено возможностью появления лаковой пленки в зазоре “игла-гнездо распылителя” и, как следствие, потере подвижности иглы (“зависанию”).

Во многих работах [1, 2, 3, 4, 5, 6] на основании экспериментальных исследований приводятся предельные значения температур в отдельных точках основных деталей двигателя, образующих его камеру сгорания. Так, предельные значения температур алюминиевых сплавов для поршня ограничивают величиной 350 °С, выше которой существенно изменяются механические свойства материалов.

В таблице 1 приведены максимальные значения допустимых температур для материалов, применяемых для изготовления поршней и крышек.

Таблица 1 – Максимальные значения допустимых температур для материалов поршней и крышек

Материал деталей ЦПГ	Максимально допустимая температура, °С
Алюминиевые сплавы	280 - 320
Серые чугуны	450 - 500
Высокопрочные чугуны	500 - 550
Жаростойкие, жаропрочные стали и сплавы	550 - 600

Таким образом, поддержание нормального теплового режима деталей ЦПГ, в том числе и за счет автоматического регулирования температурного режима в системе охлаждения, является эффективным способом повышения долговечности и надежности, повышения мощностных и экономических показателей двигателей любого типа. В связи с этим первостепенное значение приобретает согласование уровней температур стенок различных деталей с рабочими процессами двигателя, трением и износом в ЦПГ, поскольку это согласование является заметным резервом улучшения технико-экономических показателей двигателей.

Первоочередным является согласование теплового состояния деталей камеры сгорания с топливоподачей, смесеобразованием и сгоранием, процессом трения в цилиндропоршневой группе, рабочим процессом. Другим резервом является согласование компонент теплопереноса и, в первую очередь, согласование законов подвода и отвода теплоты в деталях КС.

Следовательно, необходимо искать тот оптимальный уровень температур деталей ЦПГ и теплового состояния двигателя, которые позволят улучшить показатели рабочего процесса, увеличить ресурс двигателя и в то же время дадут возможность иметь достаточный запас по отношению к критическому уровню температур деталей КС ДВС.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сеницын В.А., Кулманаков С.П. Температурное состояние деталей ДВС и его регулирование: учебное пособие. 2-е издание, переработанное и дополненное. Барнаул : АлтГТУ, 2018. 101 с.
2. Овсянников М.К., Давыдов Г.А. Тепловая напряженность судовых дизелей. Ленинград : Судостроение, 1975. 260 с.
3. Пахомова Н. В., Модернизация системы охлаждения форсированного судового ДВС на основе моделирования процесса теплопередачи: диссертация / Н.В. Пахомова, Астрахань, 2015.
4. Сеницын В.А. Снижение токсичности и теплового состояния деталей ЦПГ дизеля путем организации рабочего процесса с рециркуляцией отработавших газов: труды Всероссийской научно-технической конференции «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы» ; Алт. гос. техн. ун –т им. И. И. Ползунова. Рубцовск : 2018. – 4 с.
5. Сеницын В.А. Экспериментальное исследование граничных условий теплообмена в цилиндре двигателя 1Д4,8/5,2 // Исследование и совершенствование быстроходных двигателей: Сб. науч. тр./под редакцией Л.В.Нечаева. Барнаул : АлтГТУ, 1997. С. 99-106.
6. Кукис В.С. Снижение тепломеханической напряженности поршней тракторных дизелей / под редакцией Л.В.Нечаева; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. Барнаул : АлтГТУ, 1997. С. 22-34.



## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ТЯГИ МЕЖДУ КОЛЕСНЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ ТАНДЕМНОГО МОСТА

Горбачев Александр Владимирович, к.т.н., доцент, [aleks\\_gorb@mail.ru](mailto:aleks_gorb@mail.ru)

Коростелев Сергей Анатольевич, д.т.н., доцент, [korsan73@mail.ru](mailto:korsan73@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассматриваются причины снижения проходимости колесных лесозаготовительных и лесохозяйственных машин. Исследованы процессы перераспределения нормальных реакций колес тандемного моста в зависимости от характеристик поверхности пути.*

**Ключевые слова:** лесохозяйственная машина, лесозаготовительная машина, перераспределение нормальных реакций, максимальная касательная сила тяги.

В конструкции колесных лесозаготовительных и лесохозяйственных машин, широкое применение нашли ведущие мосты тандемного типа.

Применение подобных конструкций позволяет существенно повысить технико-экономические показатели лесотранспортных и лесозаготовительных машин за счет высокой несущей способности тандемного моста, который обладает высокой жесткостью и прочностью.

Одним из недостатков конструкции тандемного моста является изменение максимальной касательной силы тяги движителя по условию сцепления с почвой, что существенно снижает проходимость колесной машины.

В настоящей работе приводятся основные соотношения, позволяющие определить суммарную касательную силу тяги тандемного моста, обеспечиваемую сцеплением колесных движителей с почвой в зависимости от нагрузки на тандемный мост и максимального крутящего момента на ведущих колесах.

На рисунке 1 представлена расчетная схема определения нагрузок в пятне контакта колес заднего тандемного моста лесной машины колесной формулы бхб, находящейся на горизонтальной опорной поверхности.

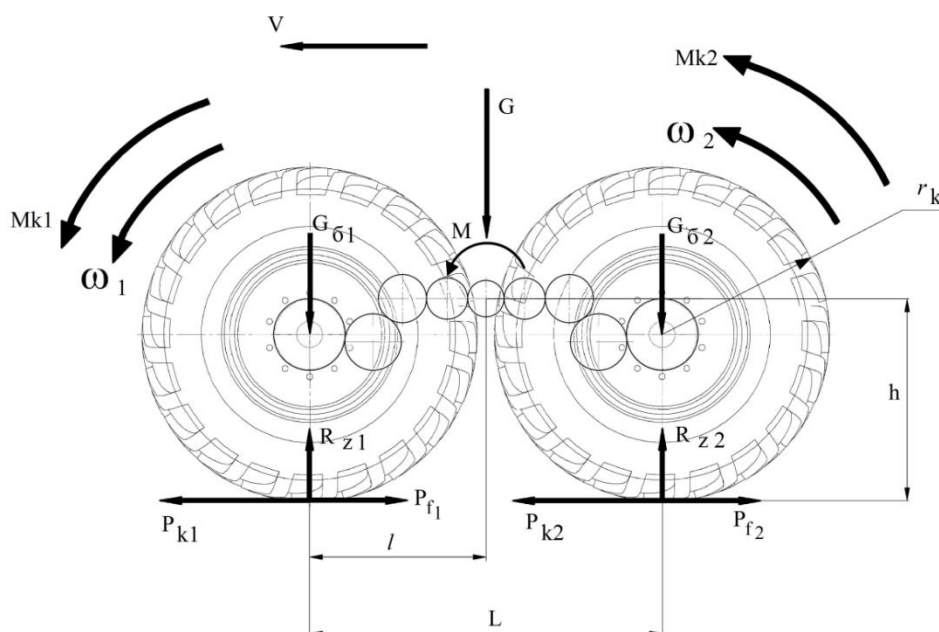


Рисунок 1 – Расчетная схема определения нагрузок в пятне контакта лесной машины бхб

При проведении анализа примем следующие допущения:

- жесткость подвески каждой из осей одинакова;
- контакт колеса с опорной поверхностью точечный;

— реакция от задней тележки приложена к опорному основанию, а линия ее действия проходит через ось вращения балансира.

Для определения нормальных реакций под передним и задним колесом балансира тандемного моста в зависимости от нагрузки, действующей на тандем, составим следующую систему уравнений сил и моментов, действующих на балансир относительно оси подвеса:

$$\begin{cases} G - R_{z1} - R_{z2} = 0; \\ M - R_{z1} \cdot l + R_{z2} \cdot l - P_{k\varphi1} \cdot h - P_{k\varphi2} \cdot h + R_{z1} \cdot f \cdot h + R_{z2} \cdot f \cdot h = 0. \end{cases} \quad (1)$$

где  $G$  – вес машины полной массы, приходящийся на ось балансира тандемного моста, кН;

$R_{z1}, R_{z2}$  – нормальные реакции соответственно под передним и задним колесами балансира тандемного моста, кН;

$M$  – крутящий момент на ведущей звездочке «гитары» тандемного моста, Н\*м;

$P_{k\varphi1}, P_{k\varphi2}$  – максимальная касательная сила тяги по условию сцепления колес машины с опорной поверхностью, реализуемая соответственно передним и задним колесами балансира тандемного моста;

$l$  – расстояние от точки контакта колеса с опорной поверхностью до плоскости, проходящей через ось качания балансира;

$h$  – расстояние от оси качания балансира до опорной поверхности.

Максимально возможная касательная сила тяги по условию сцепления колес с опорной поверхностью:

$$P_{k\varphi} = R_z \cdot \varphi$$

Из системы (1), проведя соответствующие преобразования, определяем нормальные реакции соответственно под передним и задним колесами балансира тандемного моста  $R_{z1}, R_{z2}$ .

$$M - R_{z1} \cdot l - R_{z1} \cdot \varphi \cdot h + R_{z1} \cdot f \cdot h + R_{z2} \cdot l - R_{z2} \cdot \varphi \cdot h + R_{z2} \cdot f \cdot h = 0$$

$$M - R_{z1} (l + \varphi \cdot h - f \cdot h) + R_{z2} (l - \varphi \cdot h + f \cdot h) = 0$$

Нормальная реакция под передним колесом балансира:

$$R_{z1} = \frac{M + R_{z2} \cdot (l - \varphi \cdot h + f \cdot h)}{(l + \varphi \cdot h - f \cdot h)}$$

$$G - \frac{M + R_{z2} \cdot (l - \varphi \cdot h + f \cdot h)}{(l + \varphi \cdot h - f \cdot h)} - R_{z2} = 0$$

$$G - \frac{R_{z2} \cdot (l + \varphi \cdot h) + M + R_{z2} \cdot (l - \varphi \cdot h)}{l + \varphi \cdot h} = 0$$

Нормальная реакция под задним колесом балансира:

$$R_{z2} = \frac{G \cdot (l + \varphi \cdot h - f \cdot h) - M}{2l}$$

Используя полученные выражения, определим нормальные реакции  $R_{z1}, R_{z2}$  при движении лесной машины колесной формулы 6х6 по опорной поверхности, характеризующейся разными сцепными свойствами. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение нормальных реакций  $R_{z1}$ ,  $R_{z2}$  лесной машины полной массы 22261кг, в зависимости от характеристик опорной поверхности

	f	φ	Rz1, кН	Rz2, кН
Асфальтобетон	0.015	0.7	16.62	70.66
Снег укатанный	0.05	0.25	38.30	48.98
Снег рыхлый	0.4	0.15	58.41	28.87
Песок сухой	0.4	0.25	53.94	33.34
Песок влажный	0.1	0.3	38.30	48.98
Грунт слежавшийся	0.1	0.4	33.83	53.45
Грунт рыхлый свежевспаханный	0.2	0.3	42.77	44.51
Грунтовая дорога грязная влажная	0.13	0.1	48.57	38.71
Грунтовая дорога сухая укатанная	0.02	0.6	21.32	65.96

Анализ полученных результатов показывает, что на перераспределение нормальных реакций существенное влияние оказывают коэффициенты, характеризующие качество опорной поверхности (рисунок 2).

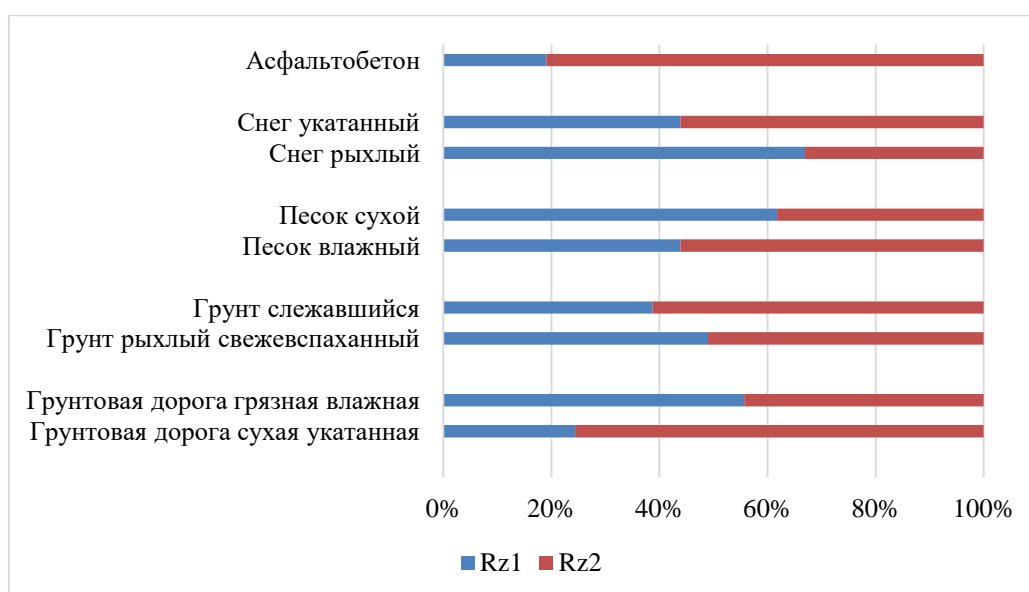


Рисунок 2 – Перераспределение нормальных реакций  $R_{z1}$  и  $R_{z2}$  в зависимости от коэффициента сопротивления качению и коэффициента сцепления

Перераспределение нормальных реакций между передним и задним колесом, в некоторых случаях достигающее 70% от общего веса, приходящегося на балансир, значительно снижает проходимость и эффективность работы лесной машины. Решение данной проблемы связано с совершенствованием конструкции тандемного моста и требует дальнейшего изучения процессов протекающих в трансмиссии лесозаготовительных и лесохозяйственных машин при проведении как технологических, так и транспортных работ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шухман С. Б. Теория силового привода колес автомобилей высокой проходимости / С. Б. Шухман, В. И. Соловьев, Е. И. Прчко; под общей редакцией д.т.н., проф. С. Б. Шухмана. Москва : Агробизнесцентр, 2007. 336 с.
2. Шарипов В. М. Конструирование и расчет тракторов: учебник для студентов вузов. 2-е изд. перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 2009. 752 с.
3. Барский И. Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. Москва : Машиностроение, 1973. 280 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА ТНВД С ДЕЗАКСИАЛОМ

Каргин Виктор Андреевич, магистрант, [kafdvs@mail.ru](mailto:kafdvs@mail.ru)

Рейнгардт Сергей Сергеевич, магистрант, [kafdvs@mail.ru](mailto:kafdvs@mail.ru)

Свистула Андрей Евгениевич, д.т.н., профессор, [kafdvs@mail.ru](mailto:kafdvs@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье выполнено исследование кинематики и динамики кулачкового привода топливного насоса высокого давления (ТНВД). Составлен алгоритм и компьютерная программа расчета кинематических и динамических характеристик ТНВД. Проведено численное исследование влияния геометрических размеров, дезаксиала на кинематику и динамику кулачкового привода ТНВД.

**Ключевые слова:** топливный насос высокого давления, кулачковый механизм, дезаксиал, кинематика, динамика, топливная аппаратура.

При проектировании топливной аппаратуры форсированных дизелей стоит проблема выбора геометрических параметров кулачкового привода для повышения динамики впрыска и сохранения надежности и долговечности [1, 2]. Применение дезаксиала позволяет снизить нагруженность привода [3, 4]. Подбор параметров производится с учетом их влияния на динамику привода ТНВД [4]. Для осуществления расчетов динамики требуется математическая модель. Чаще всего профиль кулачка состоит из набора простых элементов: прямой и дуги. Рассмотрим отдельно участки прямой и дуги.

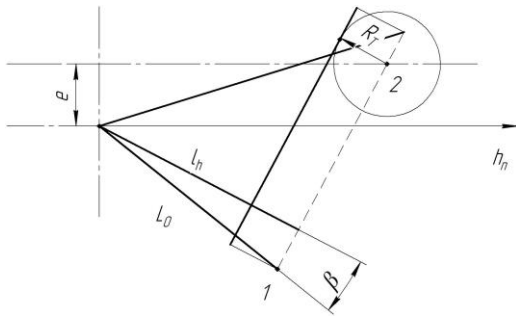


Рисунок 1 - Расчетная схема участка прямой

На рисунке 1 изображена расчетная схема для участка прямой [1].

$$l_h = L_0 \cdot \cos(\phi_1 - \beta), \text{ мм}$$

$$\alpha = \phi - \phi_1 - \beta - \alpha_{\text{попр}}$$

$$\alpha_{\text{попр}} = \arcsin \frac{e}{l_0} \text{ поправочный угол;}$$

$$h_{\text{п}} = \frac{l_h}{\cos \alpha} + e \cdot \tan \alpha, \text{ мм- перемещение на участке прямой;}$$

$$c_{\text{п}} = \frac{l_h \cdot \sin \alpha + e}{\cos^2 \alpha} \cdot \omega_{\alpha}, \text{ м/с- скорость на участке прямой;}$$

$$j_{\text{п}} = \frac{2 \cdot l_h + 2 \cdot e \cdot \sin \alpha - l_h \cdot \cos^2 \alpha}{\cos^3 \alpha} \cdot \omega_{\alpha}^2, \text{ м/с}^2 \text{- ускорение на участке прямой.}$$

$e$  – дезаксиал.

Основные размеры представлены на схеме.

Расчетная схема для выпуклого участка дуги представлена на рисунке 2.

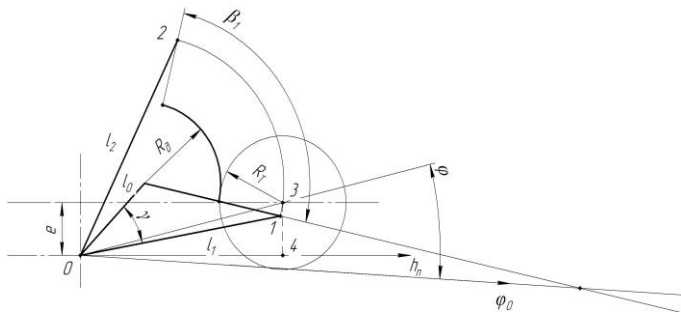


Рисунок 2 - Расчетная схема выпуклого участка дуги

$$R = R_d + R_T, \text{ мм}$$

$$l_0 = \sqrt{(l_1 - R \cdot \cos \beta)^2 + (R \cdot \sin \beta)^2}, \text{ мм}$$

$$l_2 = \sqrt{(l_1 - R \cdot \cos \beta + R \cdot \cos(\beta_1 - \beta))^2 + (R \cdot \sin \beta + R \cdot \sin(\beta_1 - \beta))^2}, \text{ мм}$$

$$\gamma = 90 - \arcsin \left( \frac{l_1 - R \cdot \cos \beta}{l_0} \right)$$

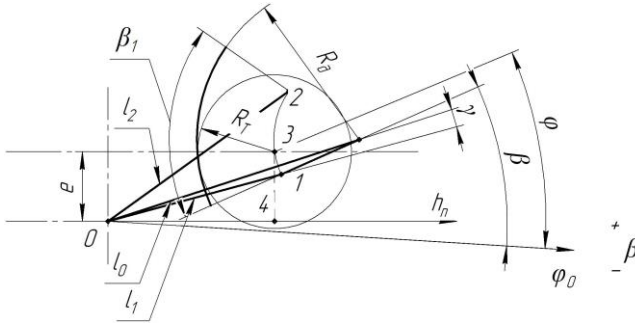
$$\alpha = \gamma + \alpha_{\text{попр}} - \phi$$

$\alpha_{\text{попр}} = \arcsin \frac{e}{l_0}$  поправочный угол;

$h_{\text{п}} = l \cdot \cos \alpha + \sqrt{R^2 - (e - l \cdot \sin \alpha)^2}$ , мм- перемещение на участке дуги;

$c_{\text{п}} = \left( l \cdot \sin \alpha - \frac{l \cdot \cos \alpha \cdot (e - l \cdot \sin \alpha)}{\sqrt{R^2 - (e - l \cdot \sin \alpha)^2}} \right) \cdot \omega_{\alpha}$ , м/с- скорость на участке дуги;

$j_{\text{п}} = - \left( l \cdot \cos \alpha - \frac{(l \cdot \cos \alpha)^2 + l \cdot \sin \alpha \cdot (e - l \cdot \sin \alpha)}{(R^2 - (e - l \cdot \sin \alpha)^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{(l \cdot \cos \alpha \cdot (e - l \cdot \sin \alpha))^2}{(R^2 - (e - l \cdot \sin \alpha)^2)^{\frac{3}{2}}} \right) \cdot \omega_{\alpha}^2$ , м/с<sup>2</sup>- ускорение на участке дуги.



Расчетная схема для вогнутого участка дуги представлена на рисунке 3.

$$R = R_{\text{д}} - R_{\text{T}}, \text{ мм}$$

Рисунок 3 - Расчетная схема вогнутого участка дуги

$$l_0 = \sqrt{(l_1 - R \cdot \cos \beta)^2 + (R \cdot \sin \beta)^2}, \text{ мм}$$

$$l_2 = \sqrt{(l_1 - R \cdot \cos \beta + R \cdot \cos(\beta_1 - \beta))^2 + (R \cdot \sin \beta + R \cdot \sin(\beta_1 - \beta))^2}, \text{ мм}$$

$$\gamma = 90 - \arcsin \left( \frac{l_1 - R \cdot \cos \beta}{l_0} \right)$$

$$\alpha = \gamma + \alpha_{\text{попр}} - \phi$$

$\alpha_{\text{попр}} = \arcsin \frac{e}{l_0}$  поправочный угол;

$h_{\text{п}} = l \cdot \cos \alpha - \sqrt{R^2 - (e - l \cdot \sin \alpha)^2}$ , мм- перемещение на участке дуги;

$c_{\text{п}} = \left( l \cdot \sin \alpha + \frac{l \cdot \cos \alpha \cdot (e - l \cdot \sin \alpha)}{\sqrt{R^2 - (e - l \cdot \sin \alpha)^2}} \right) \cdot \omega_{\alpha}$ , м/с- скорость на участке дуги;

$j_{\text{п}} = - \left( l \cdot \cos \alpha + \frac{(l \cdot \cos \alpha)^2 + l \cdot \sin \alpha \cdot (e - l \cdot \sin \alpha)}{(R^2 - (e - l \cdot \sin \alpha)^2)^{\frac{1}{2}}} + \frac{(l \cdot \cos \alpha \cdot (e - l \cdot \sin \alpha))^2}{(R^2 - (e - l \cdot \sin \alpha)^2)^{\frac{3}{2}}} \right) \cdot \omega_{\alpha}^2$ , м/с<sup>2</sup>- ускорение на участке дуги.

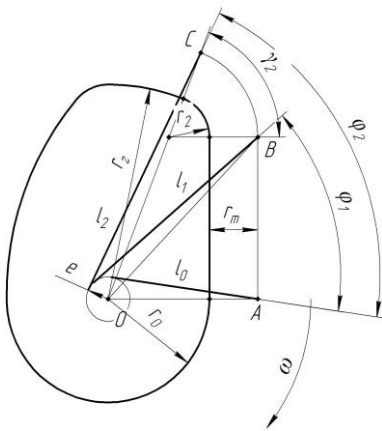


Рисунок 4 - Тангенциальный профиль

Рассмотрим частные случаи кулачковых профилей.

На рисунке 4 изображен тангенциальный профиль кулачка, где траектория ABC – траектория, описываемая центром ролика толкателя.

$$\gamma_2 = \arccos \frac{R_0 - R_2}{R_{\text{T}} - R_2}$$

$$\alpha'_1 = \arctan \frac{(R_{\text{T}} - R_2) \cdot \sin \gamma_2}{R_0}$$

$$l_0 = R_0 = r_0 + r_{\text{T}}$$

$$l_1 = \frac{R_0}{\cos \alpha'_1}$$

$$l_2 = R_{\text{T}} = r_{\text{T}} + r_{\text{T}}$$

$$\phi_1 = \alpha'_1 - \alpha_{\text{попр}1} + \alpha_{\text{попр}0}$$

$$\begin{aligned}\phi_2 &= \gamma_2 - \alpha_{\text{попр}2} + \alpha_{\text{попр}0} \\ \alpha_{\text{попр}0} &= \arcsin \frac{e}{l_0} \\ \alpha_{\text{попр}1} &= \arcsin \frac{e}{l_1} \\ \alpha_{\text{попр}2} &= \arcsin \frac{e}{l_2}\end{aligned}$$

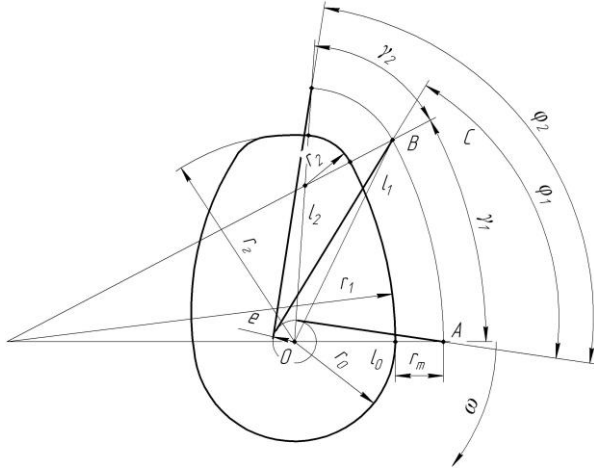


Рисунок 5 - Выпуклый профиль

На рисунке 5 изображен выпуклый профиль кулачка, где траектория ABC – траектория, описываемая центром ролика толкателя

$$\gamma_1 = \arccos \frac{d_1^2 + (r_1 - r_2)^2 - d_2^2}{2 \cdot d_1 \cdot (r_1 - r_2)}$$

$$\gamma_2 = \arccos \frac{d_2^2 + (r_1 - r_2)^2 - d_1^2}{2 \cdot d_2 \cdot (r_1 - r_2)}$$

$$\alpha'_1 = \arctan \frac{R_1 \cdot \sin \gamma_1}{R_1 \cdot \cos \gamma_1 - d_1}$$

$$d_1 = r_1 - r_0$$

$$d_2 = r_r - r_2$$

$$R_1 = r_1 + r_T$$

$$R_2 = r_2 + r_T$$

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \alpha'_1 - \alpha_{\text{попр}1} + \alpha_{\text{попр}0} \\ \phi_2 &= \gamma_1 + \gamma_2 - \alpha_{\text{попр}2} + \alpha_{\text{попр}0} \\ l_0 &= R_0 = r_0 + r_T \\ l_1 &= x \\ l_2 &= R_r = r_r + r_T \\ \alpha_{\text{попр}0} &= \arcsin \frac{e}{l_0} \\ \alpha_{\text{попр}1} &= \arcsin \frac{e}{l_1} \\ \alpha_{\text{попр}2} &= \arcsin \frac{e}{l_2}\end{aligned}$$

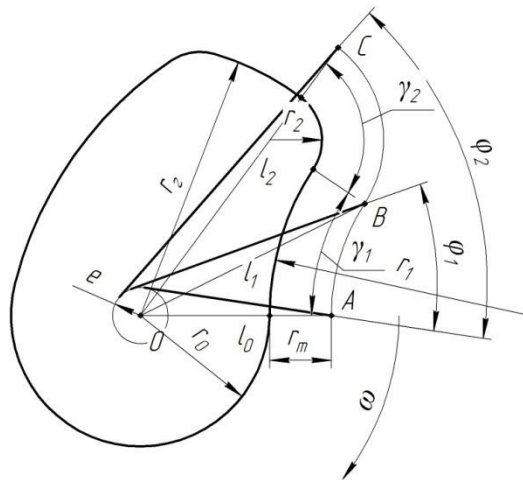


Рисунок 6 - Вогнутый профиль

На рисунке 6 изображен вогнутый профиль кулачка, где траектория ABC – траектория описываемая центром ролика толкателя

$$\gamma_1 = \arccos \frac{d_1^2 + (r_1 + r_2)^2 - d_2^2}{2 \cdot d_1 \cdot (r_1 + r_2)}$$

$$\gamma_2 = 180^\circ - \arccos \frac{d_2^2 + (r_1 + r_2)^2 - d_1^2}{2 \cdot d_2 \cdot (r_1 + r_2)}$$

$$\alpha'_1 = \arctan \frac{R_1 \cdot \sin \gamma_1}{d_1 - R_1 \cdot \cos \gamma_1}$$

$$R_1 = r_1 - r_T$$

$$R_2 = r_2 + r_T$$

$$d_1 = r_1 + r_0$$

$$d_2 = r_T - r_2$$

$$\phi_1 = \alpha'_1 - \alpha_{\text{попр}1} + \alpha_{\text{попр}0}$$

$$\phi_2 = \gamma_1 + \gamma_2 - \alpha_{\text{попр}2} + \alpha_{\text{попр}0}$$

$$l_0 = R_0 = r_0 + r_T$$

$$l_1 = x$$

$$l_2 = R_T = r_T + r_2$$

$$\alpha_{\text{попр}0} = \arcsin \frac{e}{l_0}$$

$$\alpha_{\text{попр}1} = \arcsin \frac{e}{l_1}$$

$$\alpha_{\text{попр}2} = \arcsin \frac{e}{l_2}$$

По описанному выше алгоритму составлена математическая модель и компьютерная программа расчета кинематических и динамических характеристик кулачкового привода ТНВД с дезаксиалом. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ [5] для численного исследования кулачковых механизмов привода ТНВД с дезаксиалом.

С использованием разработанной расчетной программы для ЭВМ [5] выполнено численное исследование влияния геометрических размеров кулачкового механизма и дезаксиала на динамические характеристики, в т.ч. скорость и ускорение перемещения плунжера.

На рисунке 7 представлен график изменения скорости и «скачка» ускорения плунжера в функции величины дезаксиала.

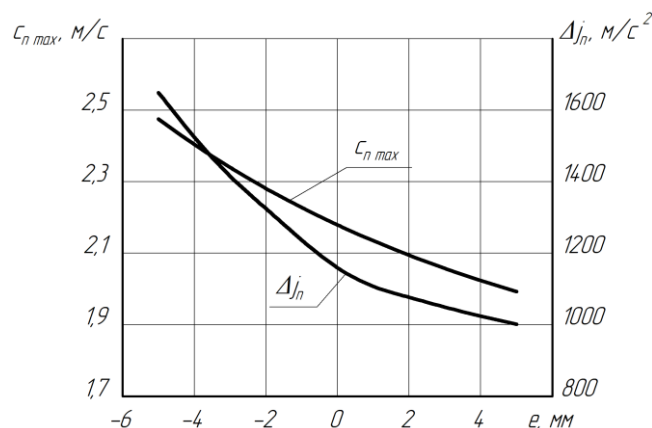


Рисунок 7 - Влияние дезаксиала на кинематические и динамические характеристики

Из графика видно, что с увеличением величины дезаксиала максимальная скорость перемещения плунжера  $C_{п\text{ max}}$  и скачек изменения ускорения плунжера  $\Delta j_{п}$  снижаются. Следует отметить, что применение отрицательного значения дезаксиала относительно центрального механизма увеличивает названные величины  $C_{п\text{ max}}$  и  $\Delta j_{п}$ , а применение

положительного значения дезаксиала - снижает. Таким образом, положительный дезаксиал снижает динамическую нагрузку на привод плунжера и одновременно уменьшает скорость плунжера и соответственно динамику впрыска, а отрицательный - увеличивает динамическую нагрузку на привод плунжера и одновременно скорость плунжера и соответственно динамику впрыска.

Поэтому необходимо находить компромисс между скоростью перемещения плунжера и нагруженностью механизма привода.

Итак, в результате выполнения работы составлен алгоритм расчета кинематических и динамических характеристик дезаксиального кулачкового механизма привода плунжера топливного насоса высокого давления, на основе которого разработана компьютерная программа [5], приведен пример численного исследования привода ТНВД.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Файнлейб Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. Ленинград : Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1974. 264 с.
2. Матиевский Г.Д., Свистула А.Е. Повышение экономичности и снижение вредных выбросов дизеля на режимах постоянной мощности // Ползуновский вестник. 2012. № 3-1. С. 113-117.
3. Свистула А. Е., Таусенев Е.М. Совершенствование дизельного топливного насоса высокого давления. Снижение нагруженности кулачкового механизма применением дезаксиала: монография // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG; Saarbrücken, 2012. 136 с.
4. Tausenev E. The research into the disaxial cam mechanism for diesel fuel - injection pump / E.Tausenev, A.Svistula // Transport. 2005. Т. 20. № 6. С. 225-231.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022617790 Российская Федерация. Программа расчета кинематики привода ТНВД дизеля с дезаксиалом / В. А. Каргин, А. Е. Свистула, А. Г. Кузьмин : заявитель и правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». – № 2022617260 ; заявл. 21.04.2022 ; опубл 26.04.2022.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

Кокиева Г.Е., д.т.н., доцент, [kokievagalia@mail.ru](mailto:kokievagalia@mail.ru)

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,  
г. Улан-Удэ, Россия

Ю.А. Шапошников, д.т.н., профессор, [u\\_shaposhnikov@mail.ru](mailto:u_shaposhnikov@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Важнейшим условием повышения урожайности картофеля является внедрение прогрессивной технологии его возделывания и уборки на базе комплексной механизации. Применяющиеся на современных картофелеуборочных машинах рабочие органы для отделения почвы (прутковые транспортеры, вибрационные грохоты, звездчатые сепараторы и т.д.) имеют недостаточную просеивающую способность и вызывают значительные повреждения клубней. Целью данной статьи является исследование определения допустимых отклонений параметра контроля качества посадки картофеля.*

**Ключевые слова:** урожайность картофеля, сельское хозяйство, агротехнологические требования, транспортер-сепаратор.

На первых этапах механизации, когда машина заменяет ручной труд, ее преимущества оказываются столь очевидными, что даже грубо приближенные методы расчета дают в общем правильную оценку эффективности механизации. На этом глубокое научное исследование часто не требуется вовсе, а задачу может решить конструктор или опытный



практик. Когда процесс механизирован и ручной труд отошел в прошлое, задача состоит в достижении оптимальных показателей в сравнении конкурирующих машин и разработке наилучших средств и способов механизации. Такая задача коренным образом отличается от первой. Для ее решения требуется достаточно тонкий аппарат исследования, так как преимущества и недостатки сравниваемых вариантов механизации могут быть недоступны прямому наблюдению. Следовательно, одновременно с развитием сельскохозяйственной техники необходимо развивать методы исследования и расчета, повышать их «разрешающую способность», их точность. Для этого методы исследования должны все более глубоко проникать в суть явлений, охватывать все большее количество связей.

Основой обработки почвы на мелиоративных землях, а также на пониженных и временно переувлажненных участках является создание мощного, рыхлого, хорошо аэрированного пахотного слоя, исключающего избыточное увлажнение. На выбор приемов обработки почвы оказывают влияние культуры-предшественники, засоренность, механический состав и водно-физические свойства почвы, сроки внесения органических удобрений, мелиоративное состояние поля и другие факторы. Сложный машинно-тракторный агрегат состоит из ряда систем управления, регулирования и защиты, а также сам является звеном в разомкнутой системе управления, которая получает входные воздействия от человека. Вероятность достижения заданной точности системы тем выше, чем больше параметр  $t$ , определяемый выражением

$$t = \frac{\delta}{\sigma}, \quad (1)$$

где  $\delta$  - половина абсолютной величины поля допуска на случайную ошибку при осуществлении той или иной агротехнической операции;

$\sigma$  - среднее квадратическое отклонение суммарной случайной ошибки всех элементов системы.

Величина допуска определяется агротехническими требованиями и должна задаваться для каждого технологического процесса, то вероятность достижения заданной точности системы возможно лишь за счет уменьшения значения случайных ошибок, возникающих во всех элементах замкнутой (автоматической) или разомкнутой системы управления. Весной перед нарезкой гряд проводят глубокую культивацию, чизелевание или безотвальное рыхление, а после нарезки-рыхление под гряды на глубину до 40 см чизельным плугом расставленными через 140 см. Посевы картофеля размещаются в основном на легких подзолистых и супесчаных почвах. В этих условиях для получения высоких и устойчивых урожаев нужно вносить на гектар 30-40 тонн органических удобрений в виде навоза или торфокомпостов. Такими запасами органических удобрений хозяйства не располагают. Технологический процесс посадки картофеля протекает в условиях случайных воздействий, обусловленных многообразием непрерывно изменяющихся нерегулярных внешних и внутренних факторов. В связи с этим показатели технологического процесса картофелепосадочной машины являются случайными (в вероятностно-статистическом смысле) величинами. Возникает необходимость установления вероятностных оценок этих показателей.

Для каждого технологического процесса, физико-механических свойств почвы и марки трактора существует одна определенная скорость движения, на которой может быть получена максимальная производительность. Часовую производительность рассчитывают по формуле

$$W = \frac{0.36 * N_{енэ} \eta_t \eta_n \eta_\tau \beta_\tau}{K}, \quad (2)$$

где  $N_{енэ}$  – номинальная эксплуатационная мощность двигателя, кВт;

$\eta_t$  – тяговый КПД трактора;

$\eta_n$  – коэффициент использования крюкового усилия;

$\beta$  – коэффициент использования ширины захвата;

$\tau$  – коэффициент использования рабочего времени смены;

$K$  – удельное сопротивление машин, Кн/М;

В свою очередь, номинальная эксплуатационная мощность двигателя определяется по формуле

$$N_{енэ} = N_{ен} \lambda_{\delta} \lambda_{\nu}, \quad (3)$$

где  $N_{ен}$  - эффективная мощность двигателя, кВт;

$\lambda_{\delta} = 0,90 \dots 0,97$  - динамический коэффициент;

$\lambda_{\nu} = 0,85 \dots 0,95$  - коэффициент неравномерности нагрузки на крюке трактора.

Эффективная мощность двигателя рассчитывается по формуле

$$N_{ен} \eta_{\tau} = \frac{P_{кр} u_p}{3,6}, \quad (4)$$

где  $P_{кр}$  - крюковое усилие, кН;

$u_p$  - рабочая скорость, км/ч.

Подставив выражение (4) в формулу (2), получим

$$W_{ч = \frac{0,1 P_{кр}}{K}} \lambda_{\delta} \lambda_{\nu} \eta_{и} \beta_{\tau} \quad (5)$$

Если обозначить  $0,1 \lambda_{\delta} \lambda_{\nu} \eta_{и} \beta_{\tau} = A$ , тогда:

$$W_{ч} = A \frac{P_{кр} u_{р\tau}}{K} \quad (6)$$

Величины  $\lambda_{\delta}, \lambda_{\nu}, \beta_{\tau}$  постоянные. Коэффициент  $\eta_{и}$  может иметь постоянное значение при бесступенчатом изменении ширины захвата машины.

Посевы картофеля размещаются в основном на легких подзолистых и супесчаных почвах. В этих условиях для получения высоких и устойчивых урожаев нужно вносить на гектар 30-40 тонн органических удобрений в виде навоза или торфокомпостов. Такими запасами органических удобрений хозяйства не располагают.

Местное внесение минеральных удобрений одновременно с посадкой картофеля не применяется вследствие несовершенства туковысевающих аппаратов, которые удовлетворительно работают в основном на гранулированных туках. Поэтому в большинстве случаев минеральные удобрения вносятся взброс под перепашку, что снижает их эффективность и требует повышенных доз.

Технологический процесс посадки картофеля протекает в условиях случайных воздействий, обусловленных многообразием непрерывно изменяющихся нерегулярных внешних и внутренних факторов. В связи с этим показатели технологического процесса картофелепосадочной машины являются случайными (в вероятностно-статистическом смысле) величинами. Возникает необходимость установления вероятностных оценок этих показателей [1-3].

Особенно важно при посадке картофеля равномерно распределить клубни по полю и в рядке. В качестве оценки этого показателя принят расход  $K$  клубней на 1 м длины рядка. Однако при создании систем контроля возникает проблема определения наиболее рациональной длины участка. С точки зрения оперативности контроля длина должна быть достаточно малой, а с точки зрения достоверности и устойчивости вероятностных оценок - большой.

При проведении полевого эксперимента было получено необходимое количество данных, характеризующих размещение клубней вдоль рядка при различной длине участка контроля. Полученные статистические характеристики параметра  $K$  контроля для участков контроля длиной 7,14,21 и 28 метров приведены в таблице 1. Из анализа данных видно, что среднее квадратическое отклонение  $\sigma_k$  с увеличением длины участка контроля сначала резко

уменьшается, при  $\geq 15$  м стабилизируется и при дальнейшем увеличении  $I$  изменяется незначительно. Опыты проводили на скоростях агрегата 1,66; 1,96; 2,52 м/с.

Таблица 1 – Полученные статистические характеристики параметра  $K$  контроля для участков контроля длиной 7,14,21и 28 метров

Частота вращения вала высаживающего аппарата, с <sup>-1</sup>	Длина контрольного участка, м	Расход клубней, шт. на 1м		
		$m_K$	$\sigma_K$	$\nu_K$
0,48	7	3,5	0,7	18,5
	14	3,45	0,49	14,3
	21	3,4	0,48	12,9
	28	3,4	0,42	12,5
0,52	7	3,09	0,46	15,00
	14	3,07	0,33	11,5
	21	3,08	0,33	11,5
	28	3,06	0,25	8,5
0,75	7	3,16	0,5	15,8
	14	3,16	0,38	11,8
	21	3,14	0,30	9,8
	28	3,13	0,29	9,5

Значение коэффициента вариации  $\nu_K$  параметра контроля на исследуемых участках контроля также сначала резко уменьшается, а при дальнейшем увеличении их длины изменяются на 1,0-1,5 % на всех скоростях агрегата.

Проведенные исследования и полученные результаты позволяют рекомендовать длину контрольного участка длиной 15-16 м.

Особенно важно при посадке картофеля равномерно распределить клубни по полю и в рядке. В качестве оценки этого показателя принят расход  $K$  клубней на 1 м длины рядка. Однако при создании систем контроля возникает проблема определения наиболее рациональной длины участка. С точки зрения оперативности контроля длина должна быть достаточно малой, а с точки зрения достоверности и устойчивости вероятностных оценок – большой.

При увеличении процента примеси резко снижается качество работы дозирующей системы картофелепосадочной машины, возникает необходимость в установке величины зазора для конкретного посадочного материала. Главные задачи дальнейшего развития почвообрабатывающей техники является сохранение и повышение плодородия почвы, максимально обеспечить машинами энергосберегающие технологии.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. 6-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1982. Т1. 736 с.
- 2 Кленин Н.И., Саун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва : Колос, 1994. 751 с.
- 3 Мондер У.Ф. , Бишоп К.Ф. Механизация производства и хранения картофеля. Москва : Колос, 1983. 256 с.

## РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДВС ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ НА ТЯГОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА

Пыжанкин Геннадий Викторович, к.т.н., доцент, [genavp1953@mail.ru](mailto:genavp1953@mail.ru)

Коростелев Сергей Анатольевич, д.т.н., доцент, [korsan73@mail.ru](mailto:korsan73@mail.ru)

Щербак Кирилл Александрович, магистрант, [k\\_sherbak99@mail.ru](mailto:k_sherbak99@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье проведен анализ мероприятий по переводу серийного ДВС на режим работы постоянной мощности по скоростной характеристике, как с изменением, так и без изменения номинальных показателей. Проведен литературный анализ и расчетные исследования влияние двигателя постоянной мощности на тяговые характеристики на примере колесного трактора. Из анализа расчетных исследований возможны мероприятия по модернизации трансмиссии трактора.*

**Ключевые слова:** ДВС, скоростная характеристика, постоянная мощность, трактор, тяговая характеристика, коробка передач.

Анализ скоростных характеристик большинства двигателей внутреннего сгорания (ДВС) показывает, что коэффициент приспособляемости, определяемый как отношение максимального крутящего момента к моменту на номинальной частоте вращения, составляет от 1,05 до 1,25. Для тракторов в настоящее время в основном применяют быстроходные дизельные двигатели с газотурбинным наддувом, у которых коэффициент приспособляемости имеет меньшее значение по сравнению с бензиновыми и дизельными ДВС без наддува.

Низкие значения коэффициента приспособляемости существенно отражаются на тягово-динамические показатели тракторов, а для повышения этих показателей производители вынуждены применять многоступенчатые механические и автоматические коробки переменных передач (КПП), что значительно увеличивает сложность трансмиссии, соответственно, стоимость техники. Кроме того, усложняется работа оператора особенно с механическим подбором передач для выполнения определенных операций с учетом тяговых характеристик

Повышение тягово-динамических показателей машинотракторных агрегатов с ДВС, работающей в тяжелых условиях с существенным изменением нагрузки, применяется гидродинамический или электрический привод. Однако такой привод ограничен рядом причин, основными из которых является сложность конструкции и стоимость. Переход же полностью на электрический привод без ДВС требует разветвленной сети станций зарядки аккумуляторов, их стоимость и ограниченный срок службы. Кроме того такой перевод потребует увеличение выработки электроэнергии для покрытия энергии вырабатываемой ДВС, на долю которых в настоящее время приходится около 80 %.

В связи с тем, что для автотракторной техники в основном применяются механические КПП, необходимо увеличить коэффициент приспособляемости. В работах [1, 2, 3] показаны возможные варианты характера изменения мощности и крутящего момента дизеля по скоростной характеристике и их влияние на тяговую характеристику трактора. На рисунке 1 [3] показано влияние на работу дизельного двигателя коэффициента приспособляемости (запаса крутящего момента).

При отсутствии реальных скоростных характеристик расчетные применяют характеристики, построенные по эмпирическим зависимостям [4]:

– мощность

$$N_{ei} = N_H \left[ A_1 \left( \frac{\omega_{ei}}{\omega_H} \right) + A_2 \left( \frac{\omega_{ei}}{\omega_H} \right)^2 - \left( \frac{\omega_{ei}}{\omega_H} \right)^3 \right],$$

где  $A_1$ ,  $A_2$  – коэффициенты, зависящие от типа дизеля ( $A_1 = 0,87$ ,  $A_2 = 1,13$  с неразделенной камерой сгорания;  $A_1 = 0,6$ ,  $A_2 = 1,4$  с предкамерой;  $A_1 = 0,7$ ,  $A_2 = 1,3$  с вихрекамерой);

– момент

$$M_{ei} = \frac{N_{ei}}{\omega_{ei}}.$$

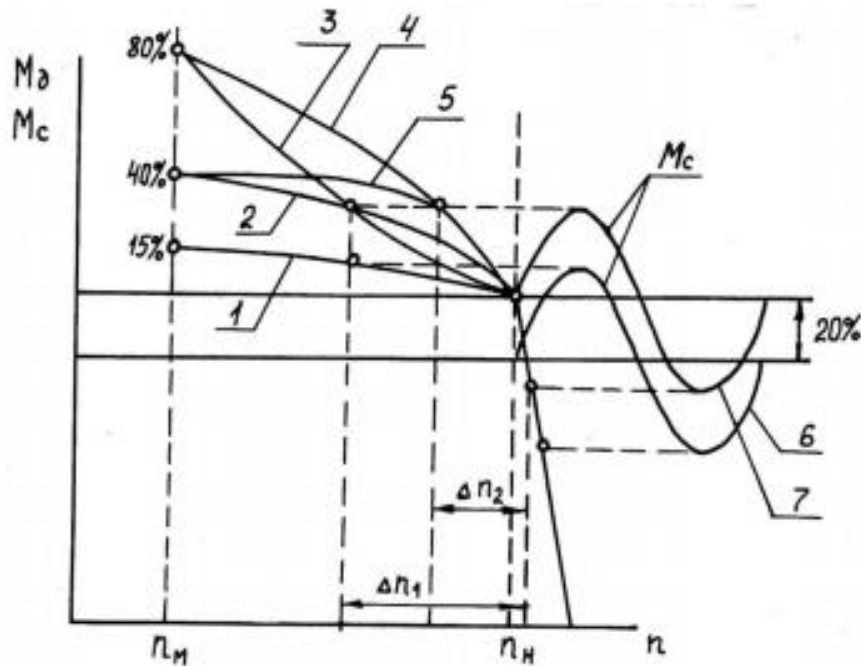


Рисунок 1 – Устойчивость статической характеристики дизеля с различными коэффициентами запаса крутящего момента

Зависимости часового и удельного эффективного расхода топлива для анализа тяговых показателей опустим. Расчеты мощности и крутящего момента проведены по данным зависимостям с коэффициентами  $A_1$  и  $A_2$  (таблица 1) для получения скоростных характеристик дизеля 4ЧН13/14 (рисунок 2) серийного и с увеличенным коэффициентом приспособляемости близким к так называемой характеристике дизеля постоянной мощности (ДПМ). В работе [5] показано, если принять постоянную мощность, то крутящий момент увеличивается по степенной зависимости. Для получения коэффициента приспособляемости  $K = 1,4$  при равных коэффициентах  $A_1$  и  $A_2$  в варианте 2 крутящий момент на номинальном режиме снижен 1,4 раза и при  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$  снижение составило лишь около 5 %, а в варианте 3 крутящий момент сохранен на уровне серийного.

Следует отметить, для реальной модификации дизеля завод-изготовитель ограничивает и пломбирует ограничитель максимальной цикловой подачи топлива ТНВД таким образом, чтобы при работе двигателя по внешней скоростной характеристике не выходил на режим дымления, для чего на номинальной частоте вращения уменьшают цикловую подачу примерно на 5 % от режима дымления.

Процесс сгорания дизеля за пределом дымления происходит из-за снижения ниже критического коэффициента избытка воздуха  $\alpha$

$$\alpha = \frac{G_B}{G_T \cdot L_0},$$

где  $G_B$  – часовой расход воздуха, кг/ч;

$G_T$  – часовой расход топлива, кг/ч;

$L_0$  – теоретически необходимое количество воздуха для сгорания килограмма топлива кг возд./кг топл.

Соответственно при переходе на работу ДПМ в основном уменьшают цикловую подачу, а увеличение цикловой подачи при снижении частоты вращения осуществляется за счет корректора.

Сохранение номинальной мощности и крутящего момента для ДПМ требует применения комплекса мероприятий, помогающих либо оптимизировать рабочий процесс, позволяющий снизить минимальное значение  $\alpha$ , при котором начинается дымное сгорание,

либо увеличить расход воздуха. К мероприятиям можно отнести в первом варианте оптимизация протекания рабочего процесса, во втором, такие как снижение гидравлических потерь системы впуска, применение регулируемых турбокомпрессоров, применение газодинамического наддува. Некоторые основные мероприятия рассмотрены в работе [5].

Таблица 1 – Исходные данные

n, мин <sup>-1</sup>	ω, сек <sup>-1</sup>	Вар 1: A <sub>1</sub> =0,87; A <sub>2</sub> =1,13		Вар 2: A <sub>1</sub> =1,8; A <sub>2</sub> =0,2		Вар 3: A <sub>1</sub> =1,8; A <sub>2</sub> =0,2	
		Ne, кВт	Me, Н·м	Ne, кВт	Me, Н·м	Ne, кВт	Me, Н·м
1000	104,7	59,1	564,6	56,3	538,1	78,9	753,8
1300	136,1	74,8	549,6	64,4	473,3	90,3	663,1
1400	146,6	78,9	538,4	65,6	447,3	91,9	626,7
1500	157,1	82,3	524,1	65,8	419,1	92,2	587,2
1600	167,5	84,9	506,7	65,1	388,7	91,2	544,6
1700	178,0	86,5	486,2	63,4	356,0	88,8	498,8
1750	183,2	87,0	474,8	62,1	338,9	87	474,8
K=M <sub>1300</sub> /M <sub>1750</sub>		K= 1,16 (серия)		K=1,4 (дефорсирован)		K=1,4 (форсирован)	

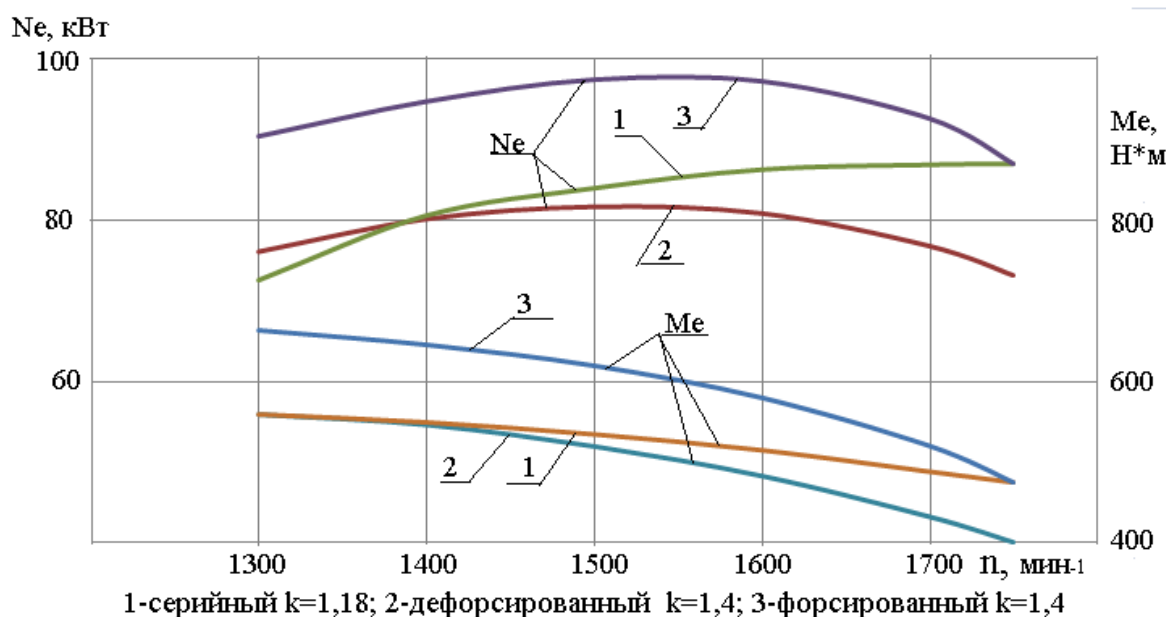


Рисунок 2 – Скоростные характеристики дизеля

С целью анализа влияния применения ДПМ на показатели работы трактора произведен расчет тяговых показателей трактора по программе [4] с данными для дизеля трех вариантов (таблица 1 и соответственно рисунок 2). Кроме того, проведен сравнительный расчет исходного варианта с изменением передаточных отношений КПШ при сохранении его закона и уменьшении количества передач, причем с сохранением максимального и минимального передаточного отношения (рисунок 3).

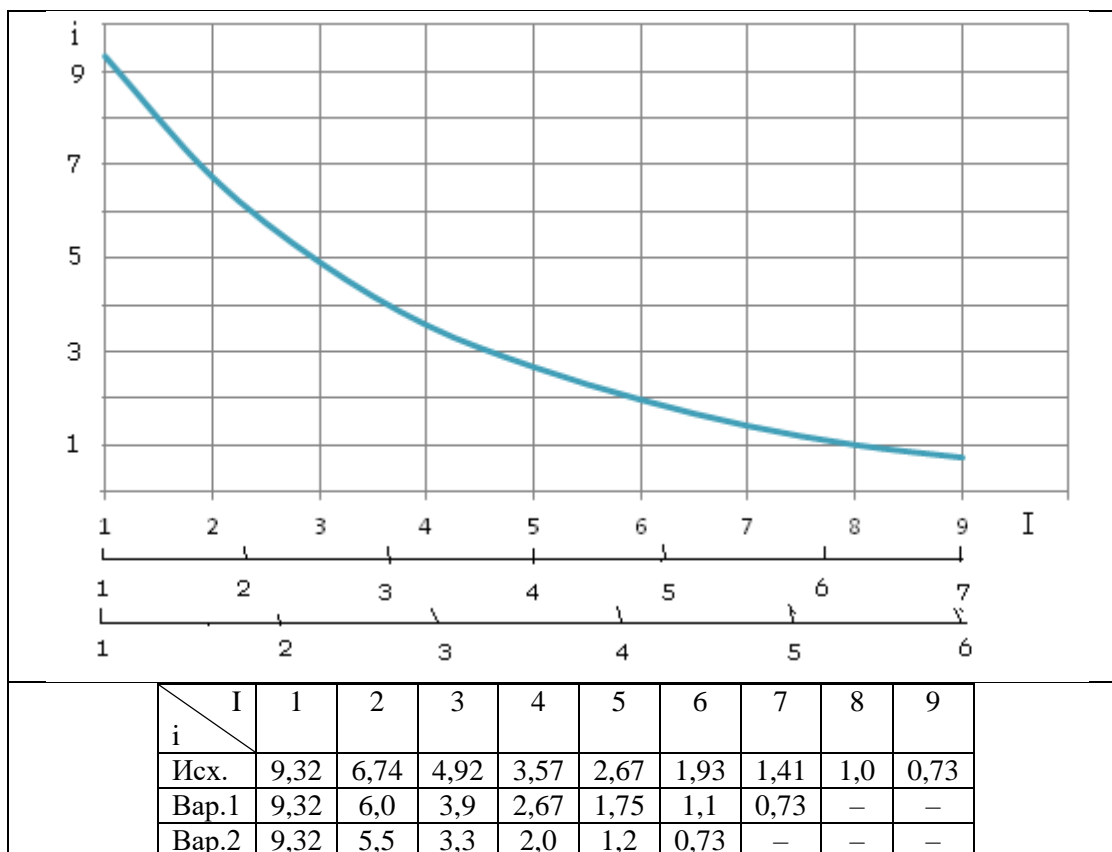


Рисунок 3 – Передаточное отношение  $i$  на передаче  $I$  для вариантов

Расчет тяговых характеристик по программе [4] проведен для трактора ЛМ 4Х4 весом 7 тонн с АКП 1172-17, статический радиус шины 735 мм. Условия работы и другие показатели оставались неизменными, кроме исходных данных таблицы 1. С целью уменьшения размеров рисунков представлены только потенциальные характеристики. Результаты расчетов тяговых характеристик приведены соответственно на рисунках 4, 5, 6.

Анализ характеристик показывает, что при переходе скоростной характеристики в режим ДПМ и уменьшением номинальной мощности кривые становятся плавными с наложением друг на друга. Это свидетельствует о более стабильном переходе с одной передачи на другую, однако, в тоже время уровень потенциальной характеристики снизился на ту же величину, как и номинальная мощность. Применение же дизеля ДПМ с сохранением номинальной мощности позволила сохранить уровень потенциальной характеристики серийного дизеля с таким же наложением как у дизеля со сниженной номинальной мощностью.

Расчеты с уменьшением количества передач не приведены с целью уменьшения объема материала, однако анализ показал, что переход на количества передач 6 и 7 приводит к изменению характера тяговых характеристик близких к характеристиках серийного двигателя.

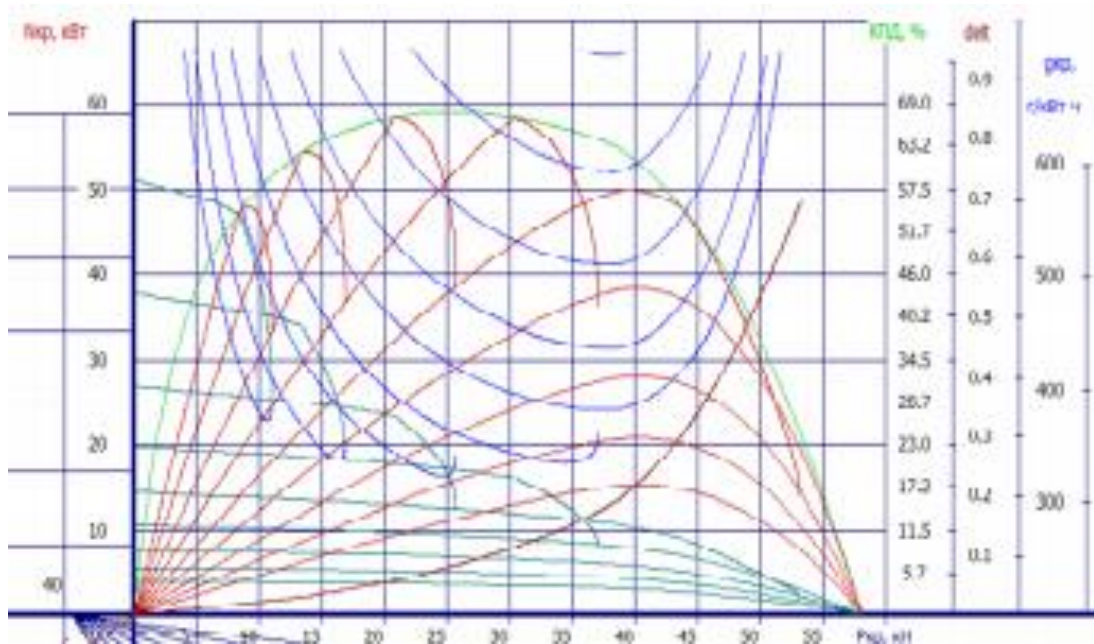


Рисунок 4 – Тяговая характеристика, вариант 1

$A_1 = 1,8, A_2 = 1,13$  при номинальной мощности  $N_e = 87$  кВт, частоте вращения  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup> и увеличении крутящего момента при  $n = 1300$  мин<sup>-1</sup> на 16 %

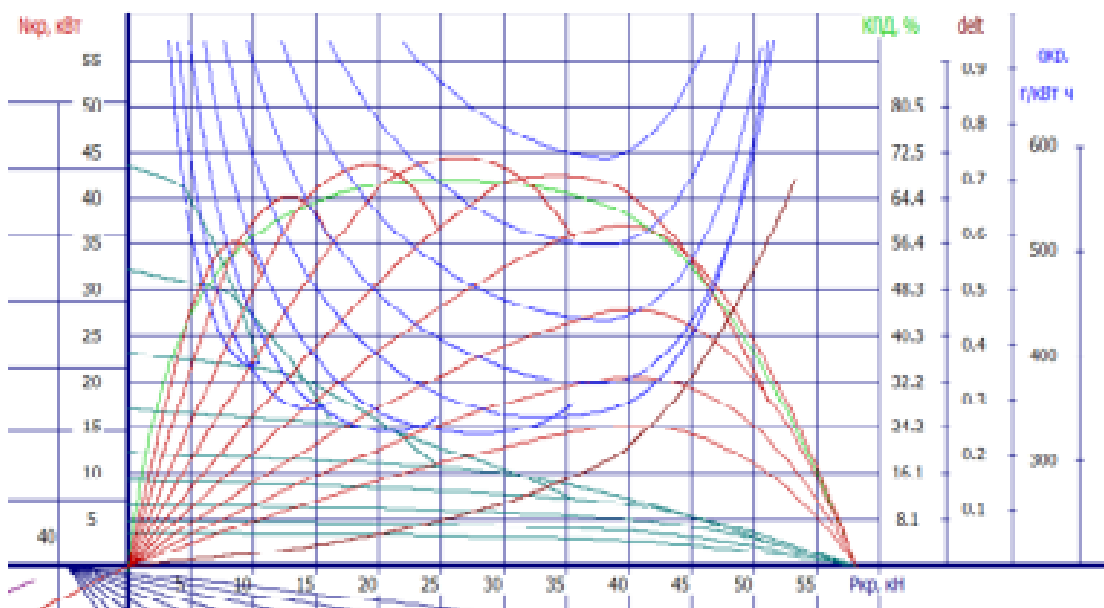


Рисунок 5 – Тяговая характеристика, вариант 2

$A_1 = 0,87, A_2 = 0,2$  при снижении номинальной мощности  $N_e = 62,1$  кВт, частоте вращения  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup> и сохраненном крутящем моменте на  $n = 1300$  мин<sup>-1</sup> и увеличении от номинального на 40 %



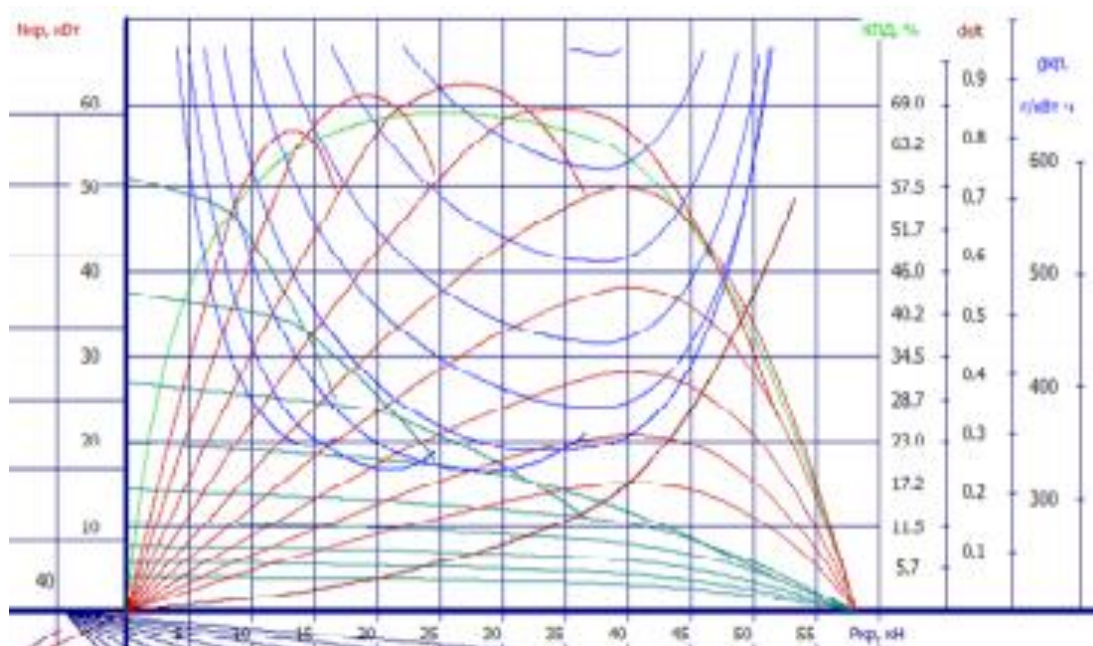


Рисунок 6 – Тяговая характеристика, вариант 3

$A_1 = 0,87$ ,  $A_2 = 0,2$  при сохранении номинальной мощности  $N_e = 87$  кВт при частоте вращения  $n = 1700$  мин<sup>-1</sup> и увеличении крутящего момента при  $n = 1300$  мин<sup>-1</sup> на 40 %

## ВЫВОДЫ

1. Сохранение номинальной мощности серийного дизеля для ДПМ возможно оптимизацией рабочего процесса, обеспечивающего процесс сгорания с уменьшенным коэффициентом избытка воздуха.
2. Сохранение номинальной мощности серийного дизеля для ДПМ возможно увеличением коэффициента избытка воздуха применением регулируемых турбокомпрессоров и газодинамического наддува.
3. Применение ДПМ позволяет улучшить тяговые характеристики трактора, либо с сохранением тяговых характеристик – уменьшить количество передач, тем самым упростить трансмиссию.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кригер В. Л. Разработка общих принципов создания двигателей постоянной мощности и реализация их для дизелей типа ЧН13/14 : дис. канд. техн. наук. Барнаул : 1990. – 222 с.
2. Журавлев С. Ю. Влияние комплектации колесного 4К4 трактора на его тягово-энергетические показатели // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (209). С. 86–93.
3. Матиевский Г. Д. Снижение расхода топлива и вредных выбросов дизеля на режимах постоянной мощности : специальность 05.04.02 «Тепловые двигатели» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Матиевский Герман Дмитриевич : Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. Барнаул : 2013. 180 с.
4. Коростелев С. А. Тяговый расчет трактора (TractorSolvar) / С. А. Коростелев // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2004611126 от 06.05.04
5. Пыжанкин Г. В., Долматов А.О. Мероприятия по повышению коэффициента запаса крутящего момента дизеля. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2022. № 8 (214). С. 102–107.

# ОБЗОР И АНАЛИЗ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Розов Илья Владимирович, аспирант, [ilya\\_rozov@mail.ru](mailto:ilya_rozov@mail.ru)

Титов Сергей Владиленович, д.т.н., доцент, [scom@ngs.ru](mailto:scom@ngs.ru)

Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия

*В статье приведен анализ основных способов хранения водорода на транспортных средствах: физические (сжатый газообразный водород, жидкий водород) и химические (адсорбция и абсорбция водорода). Рассмотрены особенности хранения и транспортировки водорода, преимущества и недостатки систем хранения, применяемые материалы и технологии, а также перспективы их использования применительно к транспортной отрасли. Показана эффективность хранения водорода в химически связанном состоянии.*

**Ключевые слова:** водородное топливо, водородная энергетика, транспорт, хранение водорода, газообразный водород, жидкий водород, адсорбция, химически связанное хранение водорода

## **Введение**

Водородная энергетика считается перспективным, но ресурсоёмким направлением получения чистой энергии, обеспечивающим переход к декарбонизации экономики. Хотя большинство стран подписали Парижское соглашение, многие из которых разработали собственные стратегии углеродной нейтральности вплоть до 2050-2060 гг., достижение нулевых выбросов углекислого газа всё ещё остаётся сложной задачей.

Водород – самый лёгкий газ на Земле, масса 1 м<sup>3</sup> этого газа составляет всего 90 г при нормальном атмосферном давлении, то есть водород в 14,5 раз легче воздуха. Водород также имеет очень низкую температуру кипения минимум 253 °С, а при сжигании выделяет большое количество тепла – в 3-4 раза превышающее тепло от сжигания природного газа. Молекулы водорода очень малы, а скорость их движения выше скорости движения молекул других газов, что объясняет его высокую теплопроводность. Экологически чистый (зелёный) водород может быть получен из воды методом электролиза при условии выработки электроэнергии из возобновляемых источников.

Реализация потенциала водорода как инструмента по обезуглероживанию зависит от производства, хранения, транспортировки и потребления водорода. Любой выбор, сделанный в цепочке его получения, играет решающую роль в достижении конечной выгоды от сокращения вредных выбросов.

## **Роль водорода в транспортной отрасли**

Согласно статистическим данным, только на Китай приходится более 20 % глобальных выбросов углекислого газа, одним из источников которых является транспортная отрасль, в частности, автомобильная промышленность. Для автомобилестроения существует два передовых способа замены бензиновых и дизельных двигателей – электромобили и автомобили на водородных топливных элементах.

Например, на борту судна водород может быть получен непосредственно из углеводородного топлива с помощью термического газового генератора.

## **Хранение и транспортировка водорода**

Развитие способов хранения и распределения (транспортировки) водорода является очень важным процессом продвижения водородных технологий и топливных элементов.

Водород можно хранить как физически – в газообразном виде или в жидком состоянии, так и в химически связанном виде. Накопителями водорода могут выступать металлгидриды, различные наноматериалы, углеводороды, спирты и другие соединения, богатые водородом.

На сегодняшний день большие объёмы водорода хранить довольно сложно, поэтому его обычно производят на предприятиях для собственного потребления (объекты газовой химии, металлургия, нефтепереработка). Такой водород носит название «кэптивный водород» (captive hydrogen). Его производство составляет более 95 % как в России, так и во всём мире.

### **Хранение жидкого водорода**

Жидкий водород ( $\text{LH}_2$ ) находится в очень узком интервале температур от точки кипения ( $-253\text{ }^\circ\text{C}$ ) до точки замерзания ( $-259\text{ }^\circ\text{C}$ ). Чтобы не допустить перехода  $\text{LH}_2$  в другое агрегатное состояние, должны соблюдаться жёсткие требования к материалам по хладостойкости, а также поддерживаться постоянное охлаждение и теплоизоляция.

Водород можно считать постоянным газом, поскольку он не может быть сжижен при нормальном атмосферном давлении. Во избежание местных перегревов, сосуды с вакуумной изоляцией сначала охлаждают ниже температуры кипения водорода, а затем под давлением заполняют газообразным водородом, охлаждённым до критической температуры  $-240\text{ }^\circ\text{C}$ , что приводит к большим расходам водорода на захлаживание ёмкости. На ожижение водорода тратится от 25 до 45 % сжиженного водорода, а затраты электроэнергии составляют около 10 кВт·ч на 1 кг водорода и выше [9], при том, что 1 кг водорода содержит ориентировочно 33 кВт·ч энергии.

Другой проблемой является постепенное испарение водорода, поэтому, чтобы поддерживать постоянную температуру, сосуд должен быть хорошо изолирован. Испаряющийся водород при контакте с кислородом образует взрывоопасную смесь. Для этого пары водорода должны каталитически дожигаться в специальном объёме либо собираться в металлическом гидриде.

Для снижения скорости испарения при хранении  $\text{LH}_2$  обычно применяют метод вакуумной технологии. Чаще всего используют двухоболочечный резервуар с вакуумной теплоизоляцией или с применением твёрдого теплоизоляционного материала. Скорость испарения в этом случае составляет минимум 0,1 % в сутки. При этом испарившийся газ может быть подвергнут повторному сжижению для направления обратно в резервуар хранения.

$\text{LH}_2$  обладает приблизительно в 848 раз большей плотностью, чем газообразный водород, что позволяет хранить  $\text{LH}_2$  значительно эффективнее. Сжижение водорода считается отработанной технологией, однако в настоящее время ведутся работы по её усовершенствованию, в частности, по снижению энергопотребления [9]. Так как  $\text{LH}_2$  имеет самую высокую энергетическую плотность ( $71\text{ кг/м}^3$ ) и может быть легко преобразован с помощью испарителя в газообразный водород, его предпочтительнее использовать в качестве топлива для транспортных средств, требующих большой мощности.

Значительными недостатками жидкого хранения водорода являются: испарение водорода; объём и вес резервуара; эксплуатационные расходы установки для сжижения. Безопасность и целостность всей установки, а также высокие температуры являются основными рисками безопасности, связанными с этой системой хранения.  $\text{LH}_2$  может быть также опасен для человека. При попадании на кожу жидкий водород вызывает обморожение, а вдыхание его паров может привести к отёку лёгких.

$\text{LH}_2$  в основном перевозят в криогенных автомобильных и железнодорожных цистернах вместимостью 25 и 45 м<sup>3</sup>. Автоцистерны с  $\text{LH}_2$  перевозят на расстояния более 1600 км. Цистерны изготавливают цилиндрическими или сферическими. Для снижения потерь на испарение сферические цистерны делают обычно более крупными. На железнодорожном транспорте  $\text{LH}_2$  перевозится довольно ограниченно по причине малой разветвлённости транспортных железнодорожных линий. Потери водорода в криогенных железнодорожных и автомобильных цистернах практически одинаковые. При однократном захлаживании в автоцистернах они составляют до 15 %. Потери водорода, связанные с несовершенством теплоизоляции, достигают 0,5 % в сутки от объёма транспортируемого водорода.

### **Хранение газообразного водорода**

Газообразный водород в нормальных условиях имеет очень низкую плотность – всего 0,09 кг/м<sup>3</sup>, а 1 кг газа в свободном состоянии занимает 11,2 м<sup>3</sup>, поэтому газообразный водород, как правило, хранят под давлением в сжатом (компримированном) виде.

Для хранения сжатого газообразного водорода используются разные газовые баллоны, газгольдеры, стационарные массивные системы хранения (естественные подземные резервуары), трубопроводные системы хранения, стеклянные микросферы.

Компримированный водород часто хранят в цилиндрических баллонах или контейнерах в виде труб большого объёма. Если сжать водород давлением 20 МПа, его плотность составит 16 кг/м<sup>3</sup>. В таком случае для хранения водорода в количестве, обеспечивающем существенный запас топлива в транспортном средстве, необходимо иметь или большой суммарный объём баллонов, или обеспечить большее давление, что неминуемо приведёт к удорожанию системы. В настоящее время перспективной технологией хранения водорода под давлением на борту транспортного средства является применение композитных баллонов с инертным внутренним покрытием.

Хранение и использование сжатого водорода в наземном транспорте и в морских условиях затруднительно по причине высоких требований к массогабаритным характеристикам и характеристикам взрывопожаробезопасности.

#### **Адсорбционное хранение водорода**

Поскольку атомы водорода связаны неполярной ковалентной связью, водород имеет возможность взаимодействовать с поверхностью адсорбента с помощью дисперсионных Ван-дер-ваальсовых сил. Это взаимодействие очень слабое (1-10 кДж/моль), поэтому материалы для хранения адсорбционного водорода должны быть достаточно лёгкими и должны характеризоваться высокой удельной поверхностью. В качестве адсорбентов водорода интерес представляют следующие углеродные материалы: активированный уголь, графит, пористые углеродные нити, наноуглеродные волокна и нанотрубки. Их преимущества для хранения водорода заключаются в наличии большой удельной поверхности, пористой микроструктуре и химической устойчивости. Активированный уголь признан лучшим из пористых сорбентов. Он способен поглощать до 7-10 масс.% водорода при 4-5 МПа и низкой температуре в пределах –200 °С. Этот способ гораздо дешевле использования жидкого водорода и имеет более высокую энергоплотность.

Технология *Hythane* от компании *EdenInnovations* представляет собой метано-водородную смесь, состоящую из природного газа с добавлением водорода 5–7 масс.% и 20–40 об.%. *Hythane* позволяет значительно сократить количество вредных выбросов (особенно оксидов азота), снижает расход топлива на 30 % и является экономичным вариантом газообразного топлива. Данная технология применяется в качестве автомобильного топлива в Индии и США.

#### **Абсорбционное хранение водорода**

Технология хранения водорода в твёрдых носителях (гидридах) может быть использована для стационарных и переносных устройств, а также в транспортных системах. Различают простые (бинарные) гидриды, комплексные гидриды и гидриды интерметаллических соединений. Перспективным бинарным металлгидридом является магний – нетоксичный и довольно дешёвый порошок, запасы которого огромны. Массовая доля водорода в гидриде магния (MgH<sub>2</sub>) составляет до 7,6 %. Главные недостатки MgH<sub>2</sub> – высокая температура (около 300 °С) и небольшая скорость абсорбции/десорбции водорода. Комплексные гидриды лёгких металлов имеют достаточно высокую объёмную и массовую плотность. Тетрагидридоборат лития (LiBH<sub>4</sub>) относится к группе борогидридов и содержит 18,5 масс.% водорода, однако десорбция водорода здесь необратима, протекает при высоких температурах и требует существенных затрат энергии. Гидриды интерметаллидов имеют высокую локальную плотность водорода 560 кг/м<sup>3</sup> (это примерно в 8 раз больше плотности жидкого водорода) вследствие чрезвычайно малого расстояния между центрами атомов водорода. К тому же, гидридному аккумулятору можно придать практически любую форму, что позволяет хранить его в энергоустановках с ограниченным объёмом.

Использование органических носителей водорода, которые в нормальных условиях находятся в жидком состоянии, существенно облегчает хранение, транспортировку, тепло- и массоперенос, если процессы каталитического гидрирования (дегидрирования) обратимы.

Жидкие органические носители водорода (ЖОНВ) известны ещё с 80-х годов прошлого века. ЖОНВ являются материалами, способными вступать в обратимые реакции дегидрирования/гидрирования, постоянно находясь в жидком состоянии. Органические соединения, которые могут быть использованы в качестве ЖОНВ: циклические алканы, полициклические алканы, углеводороды с содержанием гетероатомов. К преимуществам ЖОНВ относятся: глубина протекания процессов запасаения, выделения водорода; высокая плотность хранения водорода; низкие капиталовложения; совместимость с существующей транспортной инфраструктурой.

#### **Хранение водорода в химически связанном состоянии**

Одним из перспективных способов хранения водорода для транспортных средств является химически связанное хранение.

Разделяют две группы материалов, которые могут являться средой химически связанного водорода:

- вещества, содержащие в составе водород и способные выделять его при разложении (дегидрировании), к примеру: аммиак, метанол, этанол, циклогексан;
- энергоаккумулирующие вещества, способные генерировать водород в процессе гидролиза (губчатое железо, магний, алюминий, кремний).

Получение водорода с помощью губчатого железа осуществляется через реакцию взаимодействия с водяным паром при температуре 550-600 °С. Таким образом, губчатое железо может косвенно использоваться для хранения и генерирования водорода. Для получения 2 г водорода необходимо затратить 42 г железа, а его массовое содержание в пересчёте на железо (не учитывая вес воды) составит 4,8 %. Магний и алюминий при генерации водорода уже расходуются меньше, чем губчатое железо. Так, для получения 2 г водорода необходимо затратить 24 г магния и 36 г воды или 18 г алюминия и 36 г воды.

Достоинства химически связанного хранения водорода:

- высокое объёмное и массовое содержание водорода;
- компактность и безопасность хранения;
- меньшие энергозатраты по сравнению с другими способами хранения водорода;
- не требуют поддержания низкой температуры;
- высокая чистота выделяемого водорода.

Недостатки химически связанного хранения водорода:

- трудность многократного использования сред хранения;
- высокая стоимость некоторых сред хранения;
- большие затраты энергии для некоторых сред хранения;
- требует поддержания высокой температуры при сорбции и десорбции водорода для некоторых сред хранения.

Таблица 1 – Сравнительный анализ способов хранения водорода на 2022 год

Способы хранения водорода	Массовая плотность водорода, %	Объёмная энергоплотность водорода, МДж/л	Удельная масса хранения, кг/кг H <sub>2</sub>	Объёмное содержание водорода, кг/м <sup>3</sup>	Температура, К
Жидкий водород	7,5	6,4–8,5	7	71	20
Газообразный водород (70 МПа)	5,7	4,9–5,8	16	40	293
Адсорбционное хранение	5–15	5–7,2	-	30–100	78–298
Водород в металлгидридах	7,6–11,8	8,3–15,8	76,9	71–150	260–425
Водород в жидких органических носителях	5,8–8,5	7	-	47,4–65,4	293
Химически связанное хранение	15,5–19,6	11,5	-	100–145	298

Так как важнейшими характеристиками для транспорта являются стоимость, компактность и безопасность системы хранения топлива, то хранение водорода в химически связанном виде может считаться одним из наиболее перспективных способов. Данная система позволяет также получать водород непосредственно на борту транспортного средства, при этом сам процесс генерации водорода может быть внедрён в рабочий цикл энергетической установки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Карпов Д.А., Литуновский В.Н. Водородная энергетика: хранение водорода в связанном состоянии. Санкт-Петербург: АО «НИИЭФА», 2016. 94 с.
2. Макарян И.А., Седов И.В., Максимов А.Л. Хранение водорода с использованием жидких органических носителей (обзор) // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93. № 12. С. 1716-1733.
3. Солодова Н.Л., Черкасова Е.И., Салахов И.И., Тугубалина В.П. Водород – энергоноситель и реагент. Технологии его получения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 11-12. С. 39-50.
4. Тарасов Б.П. Физикохимия водород-аккумулирующих материалов // Материалы семинара лаборатории ВЭТ ОИВТ РАН: сборник научных трудов. 2017. С. 78-100.
5. Титов С.В., Юр Г.С. Кавитационный термический газовый генератор для газификации дизельного топлива // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2007. № 1. С. 107-109.
6. Фатеев В.Н., Алексеева О.К., Коробцев С.В., Серегина Е.А., Фатеева Т.В., Григорьев А.С., Алиев А.Ш. Проблемы аккумуляирования и хранения водорода // KimyaProblemleri – ChemicalProblems. 2018. № 4. С. 453-483.
7. Якубсон К.И. Перспективы производства и использования водорода как одно из направлений развития низкоуглеродной экономики в Российской Федерации (обзор) // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93. № 12. С. 1675-1695.
8. Яруллин Р.С., Салихов И.З., Черезов Д.З., Нурисламова А.Р. Перспективы водородных технологий в энергетике и в химической промышленности // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 70-83.
9. Aziz M. Liquid Hydrogen: A Review on Liquefaction, Storage, Transportation, and Safety // Energies, 2021. Vol. 14. Iss. 18. P. 1-29.

#### О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОКОМБАЙНОВ

Салеев Фарид Исмаилович, к.т.н., доцент, faridaltgtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье выдвинуто предположение о том, что снижение потерь зерна за системой очистки и повышение чистоты зерна в бункере зерноуборочного комбайна можно достигнуть при равномерном по ширине нагнетательного патрубка вентилятора потоке скоростей воздуха. Обоснованы некоторые пути снижения неравномерности распределения скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке вентиляторов, предложены схемы центробежных вентиляторов с более равномерным распределением скоростей.*

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, зерновой ворох, система очистки, центробежный вентилятор, коэффициент вариации скоростей потока воздуха.

Для качественного выполнения технологического процесса в системе очистки современных зерноуборочных комбайнов должно соблюдаться постоянство динамического давления потока воздуха, действующего на частицы зернового вороха, подаваемого на решетку системы очистки зерноуборочных комбайнов. Другими словами, должно соблюдаться соответствие распределения зернового вороха во всех сечениях решет по их

ширине и длине с распределением потока воздуха, создаваемого вентилятором системы очистки. Под термином «соответствие» здесь подразумеваем адекватное изменение подачи вентилятором потока воздуха той толщине слоя зернового вороха, который в данный момент времени поступает на каждую элементарную площадку решета.

Цель исследования – обосновать возможность снижения коэффициента вариации скоростей потока воздуха (увеличения равномерности скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке серийного центробежного вентилятора зерноуборочного комбайна).

Известно, что, в отличие от промышленных вентиляторов, в зерноуборочных комбайнах используются так называемые широкие вентиляторы, у которых в отличие от промышленных вентиляторов соотношение ширины рабочего колеса к его диаметру превышает единицу и доходит до двух - двух с половиной.

Кроме того, в связи с неравномерностью подачи зернового вороха в молотильный аппарат, и затем в очистку, распределение зернового вороха здесь тоже неравномерно по их ширине и длине во всех сечениях очистки.

Логично предположить, что соблюдение соответствия в распределение зернового вороха и скоростей потока воздуха на решетках очистки зернокомбайнов, во-первых, это резерв повышения чистоты зерна, поступающего в бункер зерноуборочного комбайна, во-вторых, это резерв снижения потерь зерно за очисткой зернокомбайнов.

Анализ конструкции очисток зернокомбайнов и зерноочистительных машин по указанному выше признаку показал, что в практике проектирования этих машин указанное соответствие достигается за счет следующих предложений:

1. Выполнение формы поверхности решет в соответствии с характером распределения потока воздуха.

Довольно часто в широких центробежных вентиляторах очистки скорости потока воздуха в середине нагнетательного патрубка ниже, чем у его краев. Предлагается форму решет выполнять с прогибом навстречу неравномерности потока воздуха, что позволит уменьшить толщину подаваемого зернового вороха в сечениях, где ослаблен поток воздуха (середина решет очистки).

2. Автоматически на решета очистки подавать поток воздуха соответственно распределению вороха на нем.

3. Предполагая, что коэффициент вариации распределения зернового вороха на решетках системы очистки зернокомбайнов имеет меньшие значения, чем этот коэффициент распределения скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке вентилятора, то основное внимание уделим совершенствованию широких сельскохозяйственных вентиляторов.

Причем, отметим, что применительно к системе очистки зернокомбайнов имеет место тенденция использования там как осевых, диаметральных (поперечно-поточных), так и центробежных вентиляторов.

4. Равномерное распределение зернового вороха на решетках очистки (без уменьшения коэффициента вариации скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке).

Поставленная цель решалась поэтапно.

На первом этапе исследования было установлено, что распределение скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке серийных вентиляторов системы очистки зерноуборочных комбайнов неравномерно как по ширине, так и по высоте нагнетательного патрубка. Наибольшая неравномерность отмечена по ширине нагнетательного патрубка вентилятора, где скорости потока воздуха у всасывающего патрубка вентилятора (торцы вентилятора) в 1.6-7.4 раза превышали скорости потока в середине нагнетательного патрубка.

На втором этапе исследования разработаны общие принципы уменьшения коэффициента вариации распределения скоростей в нагнетательном патрубке широких сельскохозяйственных вентиляторов.

Эти принципы сводились к следующему. Уменьшение коэффициента вариации скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке вентилятора возможно при:

- уменьшении напора воздуха у торцов  $H_T$  вентилятора до значений этого параметра в середине  $H_{cp}$ . колеса;
- увеличении напора воздуха в середине  $H_{cp}$ . рабочего колеса вентилятора до значений этого параметра у торцов  $H_T$  рабочего колеса;
- увеличении напора в середине  $H_{cp}$ . рабочего колеса с одновременным уменьшением его у торцов  $H_T$  рабочего колеса;

Для практической реализации за основу был принят второй их вышеперечисленных принципов снижения коэффициента вариации.

На третьем этапе исследования произведен анализ конструктивных параметров рабочего колеса вентилятора на величину напора, создаваемого рабочим колесом вентилятора. Для этого было использовано известное уравнение, связывающее динамический напор на выходе из рабочего колеса центробежного вентилятора от его некоторых параметров:

$$H_T = \rho u^2 \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right] - \frac{(\tan \alpha_2 - |\tan \alpha_1|) \frac{Q}{u D_2}}{\pi B_K} \right\},$$

где  $u = \omega r = \frac{\pi n}{30} r$  – окружная скорость лопатки рабочего колеса вентилятора, м/с;  $n$  – частота вращения рабочего колеса вентилятора,  $s^{-1}$ ,  $r$  – радиус-вектор, м;  $D_1$  и  $D_2$  – диаметры лопатки рабочего колеса вентилятора на входе и выходе воздуха в рабочее колесо, соответственно, м;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы постановки лопаток на входе и выходе воздуха в рабочее колесо, соответственно, град;  $Q$  – расход воздуха вентилятором,  $m^3$ ;  $B_K$  – ширина кожуха вентилятора, м.

Анализ этого уравнения послужил нам основой при разработке следующих схем вентиляторов:

- схема рабочего колеса вентилятора, состоящего из двух крайних и средней секции. Это позволяет приводить крайние секции независимо от средней и сообщать средней секции несколько более высокую частоту вращения [1, с.3].

- схема рабочего колеса вентилятора с переменным углом постановки лопатки рабочего колеса, плавно возрастающим от торцов колеса к его середине [2, с.3];

- схема рабочего колеса вентилятора с переменным диаметром лопаток рабочего колеса, плавно возрастающим от торцов колеса к его середине [3, с.4];

- схема рабочего колеса вентилятора с принудительной подачей воздуха в середину вентилятора [4, с. 3].

- схема рабочего колеса вентилятора с увеличением ширины лопатки от торцов рабочего колеса к его середине [5, с.4].

В полевых испытаниях использован центробежный вентилятор по одной из предложенных нами схем [2]. Исследования показали, что за счет более равномерного распределения скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке этого вентилятора потери зерна в полове сократились с 0.23 % до 0.07- 0,16 %.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить пути совершенствования схем широких центробежных сельскохозяйственных вентиляторов, что особенно ценно при разработке новых зерноуборочных комбайнов с повышенной пропускной способностью.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авторское свидетельство 631681. Союз Советских Социалистических Республик. Ротор центробежного вентилятора: № 2482100/25-06: заявл. 03.05.1977: опубли. 05.11.1978 /Салеев Ф.И., Земляков В.И.; заявитель Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова». – 5 с.

2. Авторское свидетельство 667694 Союз Советских Социалистических Республик. Рабочее колесо центробежного вентилятора для сельскохозяйственных машин: №



2491131/25-06: заявл. 27.05.1977: опубл. 15.06.1979 / Салеев Ф.И., Семенов В.Ф.; заявитель Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова». – 5 с.

3. Авторское свидетельство 817318 Союз Советских Социалистических Республик. Центробежный вентилятор двухстороннего всасывания: № 2727337/25-06 : заявл. 21.02.1979: опубл. 30.03.1981 / Салеев Ф.И., Ким Р.А., Овчинников Я.Л. и другие; заявитель Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова». – 5 с.

4. Авторское свидетельство 800430. Союз Советских Социалистических Республик.: Рабочее колесо вентилятора: № 2753779/25-06; заявл. 13.04.1979: опубл. 30.01.1981/Салеев Ф.И.; заявитель Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова». – 5 с.

5. Авторское свидетельство 1076638. Союз Советских Социалистических Республик.: Лопатка рабочего колеса центробежного вентилятора: № 3498785/25-06; заявл. 11.10.1982: опубл. 28.02.1984 /Салеев Ф.И.Ким Р.А., Автономов О.В. и другие; заявитель Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова». – 5 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАДДУВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ 6ЧН13/14

Саночкин Алексей Сергеевич, аспирант, asanochkin96@mail.ru

Свистула Андрей Евгениевич, д.т.н., профессор, svistula\_ae@mail.ru

Брякотин Максим Эдуардович, к.т.н., доцент, maxbr@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул,  
Россия

*В статье дана краткая характеристика газодинамического наддува, рассмотрены возможные конструктивные схемы данного вида наддува – с объединенными настроенными трубопроводами и с индивидуальными настроенными трубопроводами, приведен приблизительный расчет ориентировочных длин индивидуальных настроенных трубопроводов двигателя 6ЧН13/14 производства ООО «АМЗ», применяемого в качестве силовой установки трактора.*

**Ключевые слова:** система впуска двигателя, газодинамический наддув, длина впускного трубопровода, настроенный трубопровод, волновые явления.

Газодинамический наддув – это способ повышения наполнения цилиндров двигателя свежим зарядом или снижения удельного расхода топлива посредством волновых явлений, возникающих во впускном коллекторе [1].

Волновые явления во впускном коллекторе возникают в результате периодичности расхода воздуха цилиндрами, определенной порядком их работы, а также вследствие переменности объемного расхода в сечениях впускных клапанов в момент такта впуска [2].

Для получения эффекта газодинамического наддува необходимо подобрать определенную длину и диаметр трубопроводов впускного коллектора. Такие трубопроводы принято называть настроенными трубопроводами.

Существуют две основные конструктивные схемы газодинамического наддува [3].

Первая схема – с объединенными трубопроводами (рисунок 1). Схема состоит из трубопроводов, объединяющих несколько цилиндров двигателя с неперекрывающимися тактами впуска воедино (например, в случае рядного шестицилиндрового двигателя используется две группы объединяющих трубопроводов). Далее каждый объединяющий трубопровод соединяется со своим настроенным трубопроводом, который, в свою очередь, соединяется с емкостью (ресивером) либо имеет открытый конец.

Наиболее эффективно применять систему газодинамического наддува с объединенными трубопроводами при равномерном чередовании тактов впуска в цилиндрах двигателя, при котором волны разрежения в каждой группе объединенных цилиндров не следуют друг за другом, что может приводить к их наложению друг на друга и снижению, а следуют с определенной периодичностью, что позволяет более точно произвести оценку

необходимой длины трубопроводов, так как волновая картина в индивидуальном трубопроводе проще поддается описанию и исследованию.

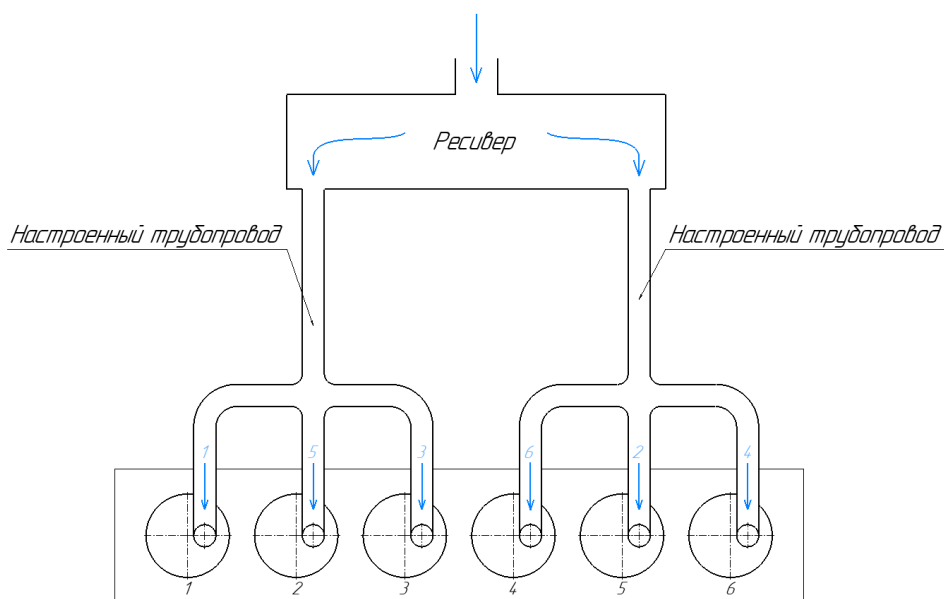


Рисунок 1 – Схема газодинамического наддува с объединенными трубопроводами [4]

Вторая схема – схема с индивидуальными трубопроводами (рисунок 2). В данной схеме к каждому цилиндру подходит индивидуальный настроенный трубопровод, который соединяется с общей емкостью. Схема с индивидуальными трубопроводами, в отличие от схемы с объединенными трубопроводами, является более универсальной, так как при применении данной системы чередование тактов впуска в двигателе не влияет на ее эффективность. К тому же эта схема является более исследованной, чем схема с объединенными трубопроводами, волновые явления в данной схеме проще поддаются описанию по причине их большей простоты.

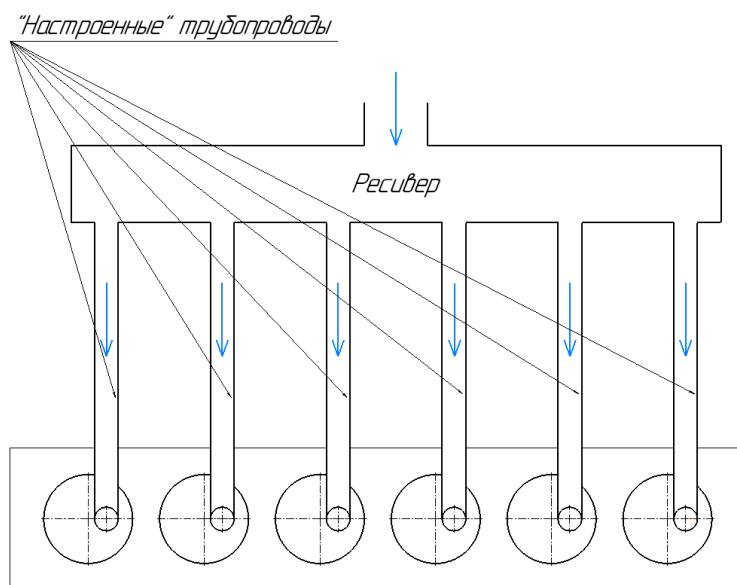


Рисунок 2 – Схема газодинамического наддува с индивидуальными трубопроводами

Для успешного применения газодинамического наддува необходимо первоначально выполнить приблизительный расчет ориентировочной длины настроенного трубопровода для требуемого скоростного режима. Затем желательно провести моделирование в программной среде, позволяющей учитывать колебания давления во впускном коллекторе.

Далее следует провести испытания для получения реальных показателей двигателя изначально с применением серийной впускной системы, а затем с применением настроенной впускной системы.

Остановимся подробнее на расчете приблизительной длины настроенного трубопровода.

В работе [5] Ю.А. Гришина была предложена формула (1) для приблизительного расчета длины индивидуального настроенного трубопровода для повышения коэффициента наполнения:

$$L_{\eta_{vmax}} = \frac{a}{2n \sqrt{\left(\frac{720(z+0,25)}{540-0,5\Delta\varphi_3}\right)^2 + \left(0,22\left(\frac{D}{d}\right)^2\right)^2}}, \text{ м} \quad (1)$$

где,  $a$  – скорость звука,  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя (скоростной режим),  $z$  - максимум волны, на который производится настройка ( $z = 2$ ;  $z = 3$  для настройки на максимальное наполнение),  $\Delta\varphi_3$  – продолжительность открытия впускного клапана за цикл (в °п.к.в.),  $D$  – диаметр цилиндра,  $d$  – диаметр впускного трубопровода.

Также Ю.А. Гришиным была предложена формула (2) для приблизительного расчета длины индивидуального настроенного трубопровода для настройки на снижение удельного расхода топлива:

$$L_{gemin} = \frac{a}{2n \sqrt{\left(\frac{720 \cdot 2,75}{540-0,5\Delta\varphi_3}\right)^2 + \left(0,22\left(\frac{D}{d}\right)^2\right)^2}}, \text{ м} \quad (2)$$

Был произведен расчет настроенных трубопроводов дизеля 6ЧН13/14 для скоростных режимов  $n_1 = 1700 \text{ мин}^{-1}$  и  $n_2 = 1250 \text{ мин}^{-1}$ , что соответствует скоростному режиму номинальной мощности и скоростному режиму диапазона максимального крутящего момента.

Исходные данные:

$$D = 0,13 \text{ м}, d = 0,056 \text{ м}, \Delta\varphi_3 = 250 \text{ °п.к.в.}, z = 2.$$

После подстановки значений в формулы (1) и (2) для скоростного режима  $n_1 = 1700 \text{ мин}^{-1}$  длина трубопровода, настроенного на максимальный коэффициент наполнения составила  $L_{\eta_{vmax1}} = 1,487 \text{ м}$ , длина трубопровода, настроенного на снижение удельного расхода топлива составила  $L_{gemin1} = 1,218 \text{ м}$ .

Для скоростного режима  $n_1 = 1250 \text{ мин}^{-1}$ , длина трубопровода, настроенного на максимальный коэффициент наполнения составила  $L_{\eta_{vmax1}} = 2,018 \text{ м}$ . Длина трубопровода, настроенного на снижение удельного расхода топлива составила  $L_{gemin1} = 1,653 \text{ м}$ .

Учитывая предположение, что Ю.А. Гришиным скорее рассматривается длина трубопровода непосредственно до впускного клапана, для определения более точной длины трубопровода необходимо учесть длину впускного канала  $L_K$ , расположенного в головке блока цилиндров. Длина впускного канала составляет  $0,125 \text{ м}$ . В таком случае, для вычисления непосредственно длин трубопроводов  $L_{\eta_{vmax}}$  и  $L_{gemin}$  необходимо из полученных ранее значений  $L_{\eta_{vmax}}$  и  $L_{gemin}$  вычесть длину впускного канала  $L_K$ .

$$L_{T\eta_{vmax}} = L_{\eta_{vmax}} - L_K, \text{ м} \quad (3)$$

$$L_{Tgemin} = L_{gemin} - L_K, \text{ м} \quad (4)$$

В результате расчетов по формулам (3) и (4) были получены следующие значения:

Для скоростного режима  $n_1 = 1700 \text{ мин}^{-1}$   $L_{T\eta_{vmax1}} = 1,362 \text{ м}$ ,  $L_{Tgemin1} = 1,093 \text{ м}$ .

Для скоростного режима  $n_2 = 1250 \text{ мин}^{-1}$   $L_{T\eta_{vmax2}} = 1,893 \text{ м}$ ,  $L_{Tgemin2} = 1,528 \text{ м}$ .

Далее нужно произвести моделирование и испытания на моторном стенде. Если полученные показатели наполнения цилиндров, мощности, крутящего момента и удельного расхода топлива улучшатся, то можно говорить о целесообразности применения этих настроенных трубопроводов для данного двигателя. Следует заметить, что полученные в результате расчетов длины весьма значительны, что серьезно осложняет их применение в условиях подкапотного пространства трактора. Для преодоления этой проблемы необходимо разработать компоновочные решения, позволяющие сократить габариты впускной системы. Например, обвивание ресивера настроенными трубопроводами [6]. Возможным решением проблемы сокращения габаритов настроенной системы может явиться переход на схему с объединенными трубопроводами, так как рассматриваемый двигатель шестицилиндровый с рядным расположением цилиндров, соответственно, условия для эффективного применения схемы с объединенными трубопроводами выполняются. По некоторым данным, настроенные трубопроводы системы с объединенными трубопроводами получаются меньшей длины, чем настроенные трубопроводы для системы с индивидуальными трубопроводами. В случае положительных результатов возможно использование этой конструктивной схемы. Применение этой схемы с объединенными трубопроводами совместно с компоновочными решениями, направленными на сокращение габаритов системы, могут позволить получить требуемый результат.

Также, если требуется использование настройки впускной системы на оба рассмотренных скоростных режима, то необходимо рассмотреть возможность применения специальных устройств, предназначенных для переключения между разными настроенными трубопроводами, соответствующими скоростному режиму, на котором в данный момент используется двигатель. Также, возможно, имеется смысл применить систему, позволяющую отключить систему газодинамического наддува. Наиболее просто это реализовать для системы с объединенными трубопроводами при необходимости отключения объединяя группы трубопроводов в одну систему, что приведет к изменению волновой картины и, соответственно, к отключению системы газодинамического наддува. Такие мероприятия имеют смысл, если при испытаниях на определенных скоростных режимах, отличающихся от тех, на которые трубопроводы были настроены, было обнаружено значительное негативное влияние настроенной системы трубопроводов. Отключая на таких скоростных режимах систему газодинамического наддува, можно вновь получить значения, соответствующие серийной системе впуска.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Саночкин А.С., Свистула А.Е., Брякотин М.Э. Газодинамический наддув силовых агрегатов стационарных дизель-генераторов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы XIII междунар. научно-технической конф., посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. Новосибирск : 2021. С. 215-219.

2. Саночкин А.С., Свистула А.Е., Брякотин М.Э. Газодинамический наддув силовых агрегатов автотранспортных двигателей в климатических условиях высокогорья // Образование. транспорт. инновации. Строительство: сборник материалов V Национальной научно-практической конференции 28 – 29 апреля 2022 г. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2022. –URL: <http://bek.sibadi.org/MegaPro>, для авторизованных пользователей.–Загл. с экрана.

3. Брякотин М. Э. Повышение технико-экономических показателей двигателя постоянной мощности с газотурбинным наддувом путем настройки впускной системы : дис. ... канд. техн. наук : 05.04.02 / Брякотин Максим Эдуардович ; Алт. гос. техн. ун-т им И.И. Ползунова, 1996. 168 с.

4. Саночкин А.С., Свистула А.Е., Брякотин М.Э. Совершенствование системы впуска силовых агрегатов стационарных дизель-генераторов газодинамическим наддувом // Расчет,

диагностика и повышение надежности элементов машин: Межвуз. сб. Выпуск 18/ Отв. ред. Баранов А.В. /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2021. С. 124-130.

5. Гришин Ю.А. Газодинамическое совершенствование проточной части двигателя внутреннего сгорания : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.04.02 / Гришин Юрий Аркадьевич ; Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, 2000. 435 с.

6. Крайнюк А. И. Регулируемые системы газораспределения ДВС: монография / А. И. Патрахальцев. Луганск : Изд. ВГУ им. В. Даля, 2006. 232 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО НАДДУВА НА ДВИГАТЕЛЕ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ

Саночкин Алексей Сергеевич, аспирант, asanochkin96@mail.ru

Мальцев Владислав Сергеевич, магистрант, vlad\_maltsev\_00@bk.ru

Свистула Андрей Евгениевич, д.т.н., профессор, svistula\_ae@mail.ru

Брякотин Максим Эдуардович, к.т.н., доцент, maxbr@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрено применение системы газодинамического наддува совместно с газотурбинным наддувом (комбинированный наддув) на двигателе постоянной мощности (ДПМ) 6ЧН13/14. Цель применения комбинированного наддува на ДПМ - повышение коэффициента избытка воздуха на режиме максимального крутящего момента. Дана краткая характеристика газодинамического наддува: причины возникновения волновых явлений во впускном тракте поршневого двигателя внутреннего сгорания, основные конструктивные схемы систем газодинамического наддува. Приведены результаты испытаний настроенной впускной системы ДПМ 6ЧН13/14.*

**Ключевые слова:** двигатель постоянной мощности, дизель постоянной мощности, система впуска дизеля, газодинамический наддув, длина впускного трубопровода, настроенный трубопровод.

Двигатель постоянной мощности (ДПМ) это двигатель, имеющий участок постоянной мощности в рабочем диапазоне частоты вращения, что обеспечивает возрастание крутящего момента свыше 40 %, при падении частоты вращения с ростом нагрузки на двигатель.

Применение ДПМ обеспечивает повышение тягово-динамических качеств и производительности агрегата, повышение эксплуатационной мощности, сокращение количества передач в трансмиссии, что позволяет понизить сложность эксплуатации агрегата, а также приводит к снижению расхода топлива на единицу выполняемой работы

Применение газотурбинного наддува позволяет создавать ДПМ с минимальным вмешательством в серийное производство. Однако, возникает ряд проблем, связанных с управлением воздухом по скоростной характеристике, в частности, проблема регулирования давления наддува. Для дизелей с нерегулируемым газотурбинным наддувом при снижении частоты вращения коленчатого вала характерно резкое снижение коэффициента избытка воздуха по причине увеличения подачи топлива при работе на корректоре. Это приводит к ухудшению показателей рабочего процесса. Увеличивается недогорание топлива, снижается индикаторный КПД, ухудшаются показатели вредных выбросов в отработавших газах. Также происходит увеличение средней температуры цикла, что приводит к повышению теплонапряженности деталей двигателя [1].

Существуют различные механизмы регулирования воздухом снабжения. Недостатки этих механизмов в их стоимости и снижении надежности турбокомпрессора в связи с усложнением конструкции.

Альтернативой корректирования воздухом снабжения ДПМ с газотурбинным наддувом является применение газодинамического наддува совместно с газотурбинным наддувом. Применение одновременно газодинамического наддува и газотурбинного наддува называется комбинированным наддувом.

Преимущество применения газодинамического наддува заключается в том, что большинство таких систем наддува отличается отсутствием движущихся и трущихся деталей, простотой конструктивного исполнения, надёжностью, отсутствием потребности в обслуживании, низкой стоимостью.

Газодинамический наддув — это способ повышения наполнения цилиндров двигателя свежим зарядом или снижения удельного расхода топлива посредством использования волновых явлений, возникающих во впускном тракте вследствие циклически возмущающего действия поршня на такте всасывания [4]. Данная система может использоваться как совместно с газотурбинным наддувом, так и отдельно. Исследования показывают, что система газодинамического наддува не оказывает негативного влияния на работу турбокомпрессора вследствие разной частоты колебаний воздуха, происходящих во впускной системе и ступени центробежного компрессора. Также возможно незначительное увеличение запаса по помпажу.

Волновые явления во впускном тракте возникают по причине периодичности возмущающего движения поршня по цилиндрам, определенной порядком их работы, вследствие упругости воздушного заряда. На такте впуска в результате всасывающего действия поршня при его движении от ВМТ к НМТ в надпоршневом пространстве возникает разрежение, достигающие максимума примерно к середине хода поршня. Область пониженного давления начинает распространяться в систему впуска через впускной клапан со скоростью звука. В области клапана происходит рассеивание этого импульса, сопровождающееся изменением его параметров. Далее импульс распространяется в направлении, противоположном движению потока и несет потери на местных сопротивлениях. Далее импульс достигает условно открытого конца впускного трубопровода (например, емкости). Затем происходит отражение импульса со сменой знака, то есть при отражении импульс разрежения преобразуется в импульс давления. Далее происходит движение отраженного импульса в обратном направлении (в сторону цилиндра) так же с местной скоростью звука.

Для получения эффекта газодинамического наддува необходимо подобрать длину и диаметр трубопроводов впускного коллектора таким образом, чтобы возвращающаяся волна давления (импульс давления) приходила за 10-15° до закрытия впускного клапана. Тогда происходит максимальная дозарядка свежим зарядом цилиндра. Дозарядка это конструктивно заданное запаздывание закрытия впускного клапана после прохождения поршнем нижней мертвой точки (момент закрытия клапана слегка накладывается на ход поршня, соответствующий такту сжатия). Подобранные по длине и диаметру трубопроводы принято называть настроенными трубопроводами.

Существуют две основные конструктивные схемы газодинамического наддува [1].

Первая схема – с объединенными трубопроводами (рисунок 1). Такая схема состоит из трубопроводов, объединяющих несколько цилиндров двигателя воедино (например, в случае рядного шестицилиндрового двигателя используются две группы объединяющих трубопроводов). Далее каждый объединяющий трубопровод соединяется со своим настроенным трубопроводом, который, в свою очередь, соединяется с емкостью (ресивером).

Использование системы газодинамического наддува с объединенными трубопроводами предпочтительно при равномерном чередовании тактов впуска в цилиндрах двигателя, при котором волны разрежения в каждой группе объединенных цилиндров не следуют друг за другом, что позволяет исключить наложение волн разрежения в отдельно взятом настроенном трубопроводе.

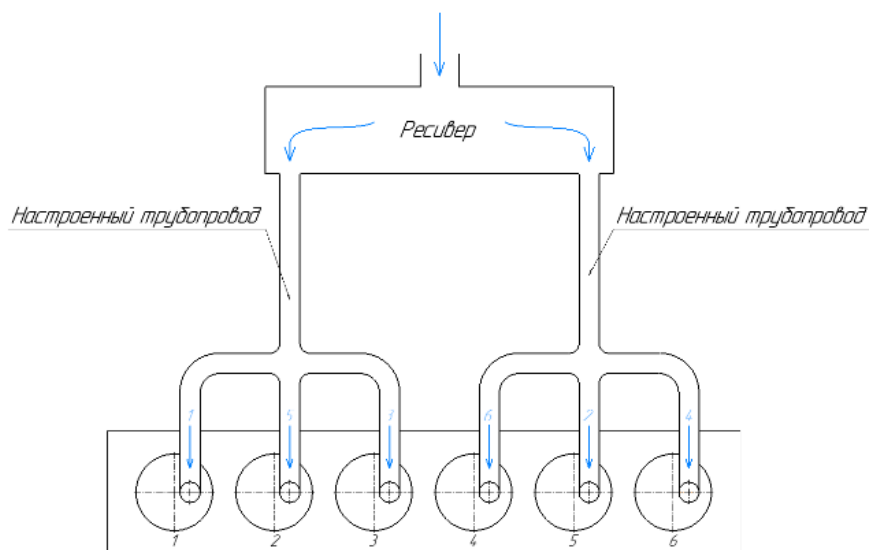


Рисунок 1 – Схема газодинамического наддува с объединенными трубопроводами

Вторая схема – схема с индивидуальными трубопроводами (рисунок 2). В данной схеме к каждому цилиндру подходит индивидуальный настроенный трубопровод, который соединяется с общей емкостью. Длина трубопроводов рассчитывается либо на режим повышения крутящего момента, либо на снижение эффективного расхода топлива [2]. Данная схема, в отличие от схемы с объединенными трубопроводами, является более универсальной, так как при применении данной системы чередование тактов впуска в двигателе не влияет на ее эффективность.

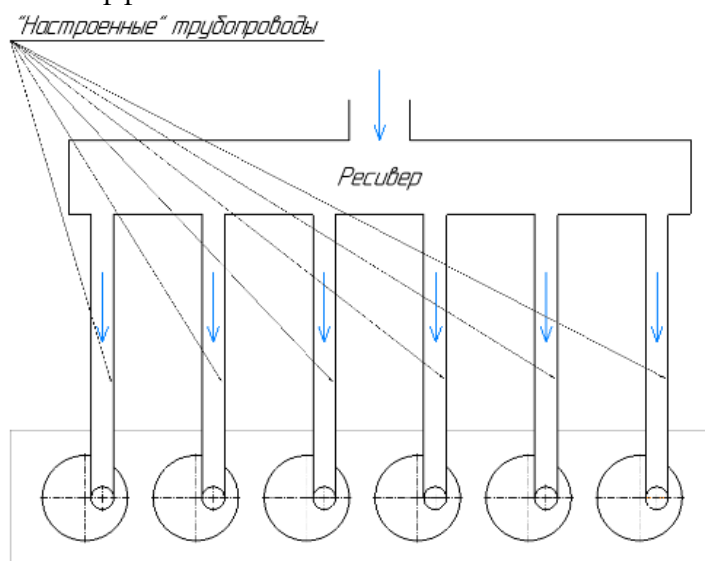


Рисунок 2 – Схема газодинамического наддува с индивидуальными трубопроводами

Схема с индивидуальными трубопроводами более исследована и дает более высокие результаты по наполнению. Но в диапазоне частот вращения коленчатого вала, характерном для тракторных дизелей (обычно менее  $2000 \text{ мин}^{-1}$ ) длина настроенных трубопроводов оказывается существенно более одного метра, что несколько осложняет компоновку настроенных трубопроводов в ограниченном пространстве. По этой причине индивидуальные трубопроводы получили наибольшее распространение на двигателях с высокой частотой вращения коленчатого вала ( $4000 \dots 6000 \text{ мин}^{-1}$ ), например, бензиновых двигателях автотранспортных средств, так как с увеличением частоты вращения коленчатого вала, на которую производится настройка трубопроводов, происходит уменьшение длины настроенных трубопроводов, что упрощает их компоновку в ограниченном пространстве. К тому же возможны различные варианты компоновки трубопроводов («накручивание»

трубопроводов на ресивер и т. д.) что существенно уменьшает их габариты. Также возможна настройка трубопроводов на разные скоростные режимы двигателя, для чего применяются различные конструктивные решения, например, несколько трубопроводов на каждый цилиндр с разной настройкой, переключаемых в зависимости от скоростного режима, на который они настроены, и т. д. [3].

Объединенные настроенные системы сложнее индивидуальных в исследовании и расчете, так как в одном трубопроводе взаимодействуют между собой колебания от нескольких цилиндров.

Были проведены исследования по настройке системы впуска дизеля 6ЧН13/14, работающего в режиме ДПМ. Для исследования была выбрана система с объединенными трубопроводами ввиду ее большей компактности.

В ходе сравнительного исследования серийной и настроенной впускных систем были получены следующие результаты:

- ДПМ с настроенной впускной системой имеет максимальный крутящий момент при частоте вращения коленчатого вала равной  $1100 \text{ мин}^{-1}$ , также максимальный крутящий момент увеличился на 10 % относительно варианта с серийной впускной системой, а запас крутящего момента составил более 40 %;

- расходные характеристики ДПМ с настроенной системой впуска при работе с различными средними эффективными давлениями и частотами вращения коленчатого вала, то есть зависимости расхода воздуха от давления наддува с трубопроводами, настроенными на режим максимального крутящего момента, сближаются, что облегчает подбор оптимальных характеристик компрессора;

- наблюдается улучшение экономичности двигателя в диапазоне частот  $n > 1400 \text{ мин}^{-1}$  вследствие снижения потерь насосных ходов;

- при выборе длины настроенных трубопроводов, равной 1900 мм характер протекания изменения расхода воздуха по внешней скоростной характеристике приближается к оптимальному для ДПМ. То есть происходит увеличение расхода воздуха на режимах с низким коэффициентом избытка воздуха (режим крутящего момента) на 11% и снижение расхода воздуха на номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя. Коэффициент наполнения дизеля с настроенной впускной системой представляет собой кривую, изменяющуюся от 1,0 при  $1100 \text{ мин}^{-1}$  до 0,85-0,9 при  $1700 \text{ мин}^{-1}$ , что по сравнению с серийной системой впуска обеспечивает меньшее снижение коэффициента избытка воздуха при частоте вращения коленчатого вала двигателя, соответствующей зоне максимального крутящего момента [1].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брякотин М. Э. Повышение технико-экономических показателей двигателя постоянной мощности с газотурбинным наддувом путем настройки впускной системы : дис. ... канд. техн. наук : 05.04.02 / Брякотин Максим Эдуардович ; Алт. гос. техн. ун-т им И.И. Ползунова, 1996. 168 с.

2. Гришин Ю.А. Газодинамическое совершенствование проточной части двигателя внутреннего сгорания : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.04.02 / Гришин Юрий Аркадьевич ; Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, 2000. 435 с.

3. Крайнюк А. И. Регулируемые системы газораспределения ДВС: монография / А. И. Патрахальцев. – Луганск : Изд. ВНУ им. В. Даля, 2006. 232 с.

4. Саночкин А.С., Свистула А.Е., Брякотин М.Э. Газодинамический наддув силовых агрегатов стационарных дизель-генераторов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы XIII междунар. научно-технической конф., посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск : 2021. С. 215-219.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕВОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Сарсенов Аскар Алексеевич, аспирант, sarsenovaskar@yandex.ru

Коростелев Сергей Анатольевич, д.т.н., доцент, korsan73@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В работе представлен расчет цевочного зацепления, расчет профиля зуба на напряжение изгиба и контактного напряжения. Установлена зависимость параметров профиля зуба на его прочностные свойства. Определены оптимальные параметры.*

**Ключевые слова:** гусеничная машина, ведущее колесо, цевка, профиль зуба, давление.

Гусеничные машины нашли широкое применение в сельском хозяйстве, транспортном и специальном машиностроении. Их технико-экономические показатели оптимально подходят для бездорожья, что позволяет применять их при освоении арктических территорий. Одним из элементов, снижающих ресурс гусеничных машин, является зацепление ведущего колеса и звена гусеничной цепи.

Наиболее широкое применение нашло цевочное зацепление. По сравнению с гребневым и зубовым зацеплением, цевочное зацепление обладает лучшей плавностью и имеет значительные возможности совершенствования при изнашивающейся гусенице. Одними из распространенных гусеничных машин, производящихся на сегодняшний день в России, стали модификации трактора ТТ-4 и ТТ-4М. Данные машины работают в тяжелых условиях, неблагоприятно воздействующих на трущуюся пару: ведущее колесо – цевка трака, которая наряду с открытым металлическим шарниром является элементом, снижающим их ресурс.

Повысить долговечность элементов, можно с помощью применения износостойких материалов и снижая контактное давление между зубом и цевкой. Снижения контактного давления можно добиться поиском геометрических параметров и формы элементов цевочного зацепления: профиль зуба, шаг цепи; применением более высоких допусков при изготовлении.

Однако использование более износостойкого материала, не может быть применено зачастую из-за его высокой стоимости, что может быть экономически нецелесообразно. В связи с чем, необходима такая конструкция, которая смогла бы минимизировать износ, тем самым улучшив работу зацепления.

При конструировании цевочного зацепления нужно обеспечить:

- надежное зацепление ведущего колеса с гусеницей, как в тянущем, так и в толкающем режиме;
- высокую износостойкость;
- самоочищаемость от снега и грязи;
- плавную и безударную передачу усилия;
- свободный вход и выход элементов гусеницы из зацепления;
- минимальное скольжение под нагрузкой, что снизит износ и потери энергии в зацеплении.

Соотношение шага гусеницы и шага ведущего колеса определяет распределение нагрузок между зубьями ведущего колеса.

Если шаг гусеницы меньше шага ведущего колеса, то в зацеплении находится один верхний зуб. При выходе зуба из зацепления цепь проскальзывает по колесу на величину разности шагов гусеницы и колеса и вход в зацепление следующего зуба сопровождается ударом. Потери в зацеплении из-за скольжения цепи по колесу, вход в зацепление с ударом, увлечение сбегавшей ветви цепи, приводящее к увеличенной вибрации, вызывают увеличение динамических нагрузок, напряжений и износа, что значительно снижает ресурс

как гусеничной цепи, так и ведущего колеса движителя. Указанные недостатки заставили отказаться от применения зацепления такого типа.

При равенстве шага гусеницы шагу ведущего колеса обеспечивается безударная передача усилия одновременно несколькими зубьями, минимальное скольжение под нагрузкой, свободный вход и выход цевки из зацепления.

Расчет выполняется для условия максимального сцепления гусеницы с грунтом при этом касательная сила тяги, реализуемая движителем, определяется выражением:

$$P = 0,65 \cdot G_T \cdot \varphi, \quad (1)$$

где  $G_T$  – вес трактора;

$\varphi$  – коэффициент сцепления движителя с почвой.

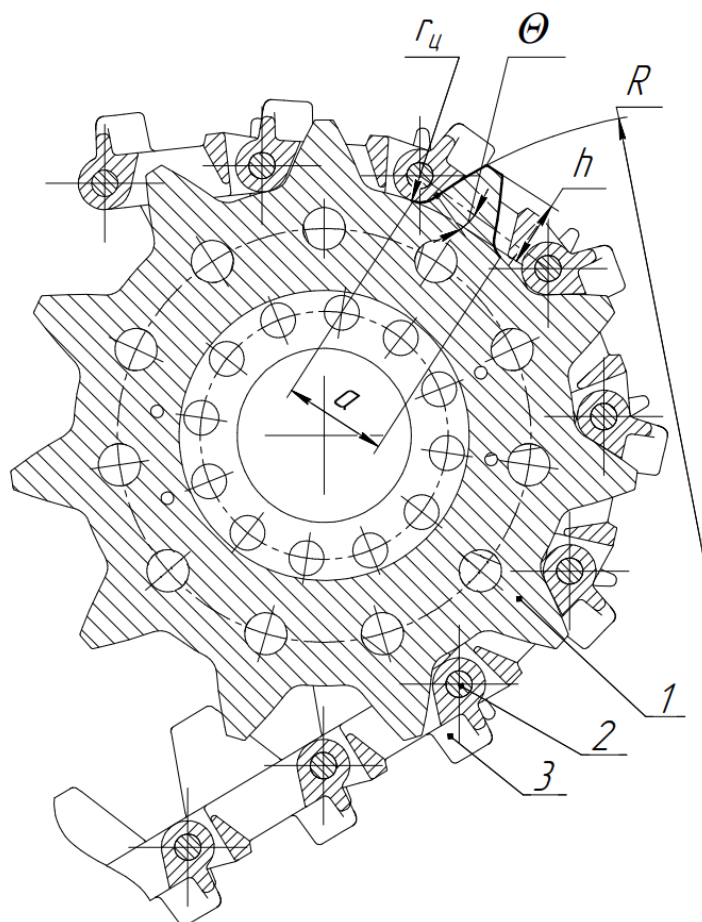
Проверка осуществляется по максимальному моменту двигателя, приведенному к ведущему колесу, на первой передаче.

При расчете на прочность при изгибе рассматривается худший случай нагружения когда усилие приложено к вершине зуба. Силы трения в зацеплении не учитываются, усилие  $P$  принимается направленным по касательной к окружности, вся нагрузка приложенная к ведущему колесу воспринимается одним зубом.

Напряжение от изгиба зуба в опасном сечении, находящемся в его основании, определяется по формуле[2]:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} = \frac{6 \cdot P \cdot h}{b \cdot a^2} \quad (2)$$

где  $h$  – высота зуба;  $b$  – ширина зуба;  $a$  – толщина зуба по основанию.



1 – ведущее колесо; 2 – соединительный палец; 3 – трак гусеницы

Рисунок 1 – Профиль цевочного зацепления

Контактное напряжение в месте контакта зуба с цевкой [2]:

$$\sigma_k = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{P}{b \cdot \cos \theta} \cdot \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot (R + r_u)}{(E_1 + E_2) \cdot R \cdot r_u}} \quad (3)$$

где  $E_1$  и  $E_2$  – модуль упругости соответственно материала зубчатого колеса и цевки звена гусеницы;  $E_1 = E_2 = 2,1 \cdot 10^5$  МПа;  $\theta$  – угол давления, заключенный между нормалью к профилю зуба и осью звена гусеницы;  $R$  и  $r_u$ , – радиус кривизны соответственно зуба ведущего колеса и цевки звена гусеницы.

С помощью зависимостей (2) и (3), а также с учетом (1) определим изгибные и контактные напряжения, действующие в зацеплении серийного ведущего колеса ТТ-4Ми рассматриваемых вариантов (таблица 1) при эксплуатационной массе и максимальной грузоподъемности. Изменение геометрических параметров профиля зубьев ведущего колеса (варианты 1 и 2), производилось с соблюдением принципа построения цевочного зацепления [1]. Результаты расчета рассматриваемых вариантов представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Геометрические параметры цевочного зацепления

Параметры зацепления	Серийная конструкция	Вариант 1	Вариант 2
Ширина зуба, мм	70,00	70,00	70,00
Высота зуба, мм	63,50	61,5	63,5
Толщина ножки зуба, мм	109,97	98,00	110,00
Радиус кривизны зуба, мм	435,00	446,00	445,00

Таблица 2 – Результаты расчетов

	Серийная конструкция	Вариант 1	Вариант 2
P, Н	136859,19	136859,19	136859,19
$\sigma_u$ , МПа	61,5908	75,1190	61,5624
$\sigma_k$ , МПа	17,7387	17,7268	17,7279

В результате расчетов показано, что стремление снизить контактные напряжения и износ за счет увеличения радиуса кривизны профиля зуба приводит к уменьшению толщины зуба по основанию, что приводит к возрастанию напряжений изгиба зуба (вариант 1).

Наиболее предпочтительным вариантом является вариант 2, позволяющий снизить напряжения на изгиб и контактные напряжения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анилович В.Я., Водолаженко Ю.Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов. Москва : Машиностроение, 1976. 456 с.
2. Антонов А.С. Теория гусеничного движителя. Москва : Машгиз, 1949. 253 с.
3. Ксенович И.П., Гуськов В.В., Бочаров Н.Ф. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет. Москва: Машиностроение, 1991. 544 с.
4. Носов Н.А., Галышев В.Д., Волков Ю.П., Харченко А.П. Расчет и конструирование гусеничных машин. Ленинград : Машиностроение, 1972. 560 с.
5. Платонов В.Ф. Динамика и надежность гусеничного движителя. Москва: Машиностроение, 1973. 232 с.

## ПОПЫТКА КОСВЕННОЙ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОПЛИВОПРОВОДЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ ГИБА

Свещинский Владислав Октябревич, к.т.н., доцент, [sveschinsky@yandex.ru](mailto:sveschinsky@yandex.ru)

Лукичев Алексей Олегович, аспирант, заместитель директора по качеству ООО УК «АЗПИ»,

Свистула Андрей Евгениевич, д.т.н., профессор, [svistula\\_ae@mail.ru](mailto:svistula_ae@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Прочность топливопроводов высокого давления имеет большое значение для безопасной эксплуатации двигателей. Изучение производственных факторов, влияющих на уровень остаточных напряжений в топливопроводах, всегда будет актуальной задачей. Специалистами АлтГТУ и ООО УК «АЗПИ» сделана попытка косвенной оценки остаточных напряжений в стенках топливопровода высокого давления дизельного двигателя при различных углах гйба. В качестве критерия оценки остаточных напряжений использована микротвердость в нормальном сечении топливопровода. Сделан вывод о нецелесообразности использования микротвердости, в том числе, из-за наличия термомеханической предыстории трубного проката.*

**Ключевые слова:** остаточные напряжения, микротвердость, топливопровод высокого давления, измерения, оценка.

Топливопроводы высокого давления (далее – ТВД) являются одним из ответственных компонентов топливных систем. В системах типа CommonRail они постоянно нагружены высоким давлением топлива, которое на номинально режиме работы двигателя составляет 160 МПа и выше. ТВД на двигателе, как правило, имеют сложную пространственную форму. Практический интерес представляет вопрос о том, насколько изменяют напряженно-деформированное состояние гйбы ТВД на различные углы в процессе производства. Задачей настоящей работы было определение возможности качественной оценки влияния гйбов на уровень остаточных напряжений (далее – ОН) в стенке стальной бесшовной трубы, используемой для производства ТВД. Рассматривались напряжения, нормальные по отношению к поперечному сечению трубы.

Распространенные методы определения уровня ОН являются весьма трудоемкими. В то же время известны работы многих авторов, где сделаны попытки установления взаимосвязи между твердостью и ОН [1]. Измерения (испытания) твердости являются одним из относительно простых, оперативных и, в силу этого, популярных методов исследований механических свойств [2].

ООО УК «АЗПИ» является единственным в России разработчиком и производителем топливных систем типа CommonRail, включая и топливопроводы высокого давления для них. Настоящие исследования были проведены в отношении применяемого в ООО УК «АЗПИ» стального проката – труб размерности 8хвн.3. Твердость измеряли микротвердомером SHIMADZU в поперечных сечениях трубы, с шагом смещения индентора твердомера по радиусу 0,2 мм, начиная от внутренней поверхности трубы.

Первое сечение выбрали на прямом участке трубы на удалении не менее 50 мм от начала гйба. Исходили из предположения, что при таком расположении сечения влияние на него гйба пренебрежимо мало, то есть действует принцип Сен-Венана. Выполняли гйбы трубы на углы 15°, 60°, 90° с расположением сечений в плоскости, делящей угол гйба пополам. Все гйбы выполняли с одинаковыми внутренними радиусами R18 мм. Общая схема расположения сечений в местах гйбов показана на рисунке 1.

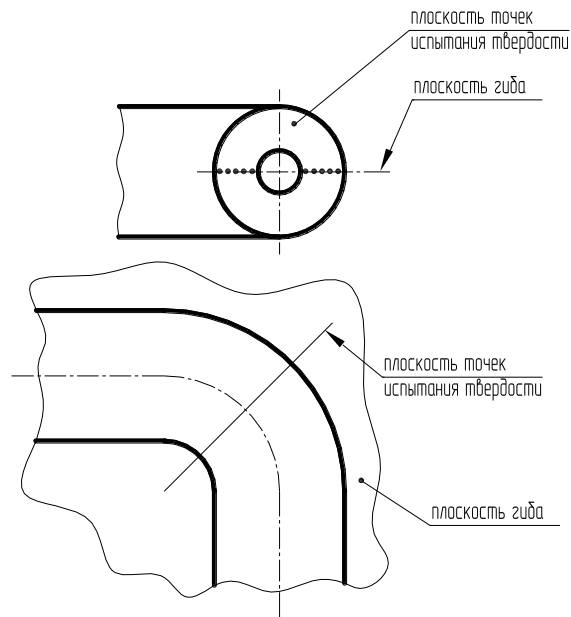


Рисунок 1 – Общая схема расположения сечений (плоскостей точек) испытания твердости

Результаты приведены на рисунках 2-4. На всех графиках изменение микротвердости по сечению на прямолинейном участке трубы показано сплошной линией.

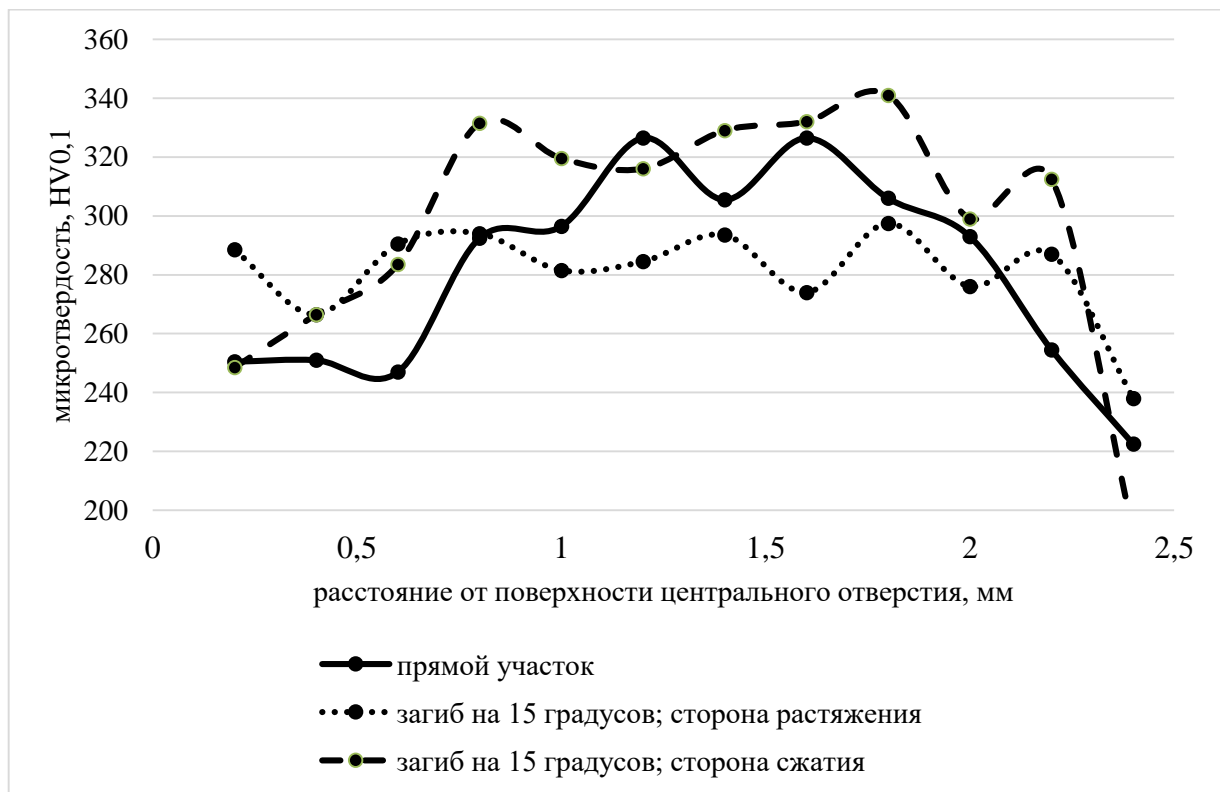


Рисунок 2 – Угол гйба 15°

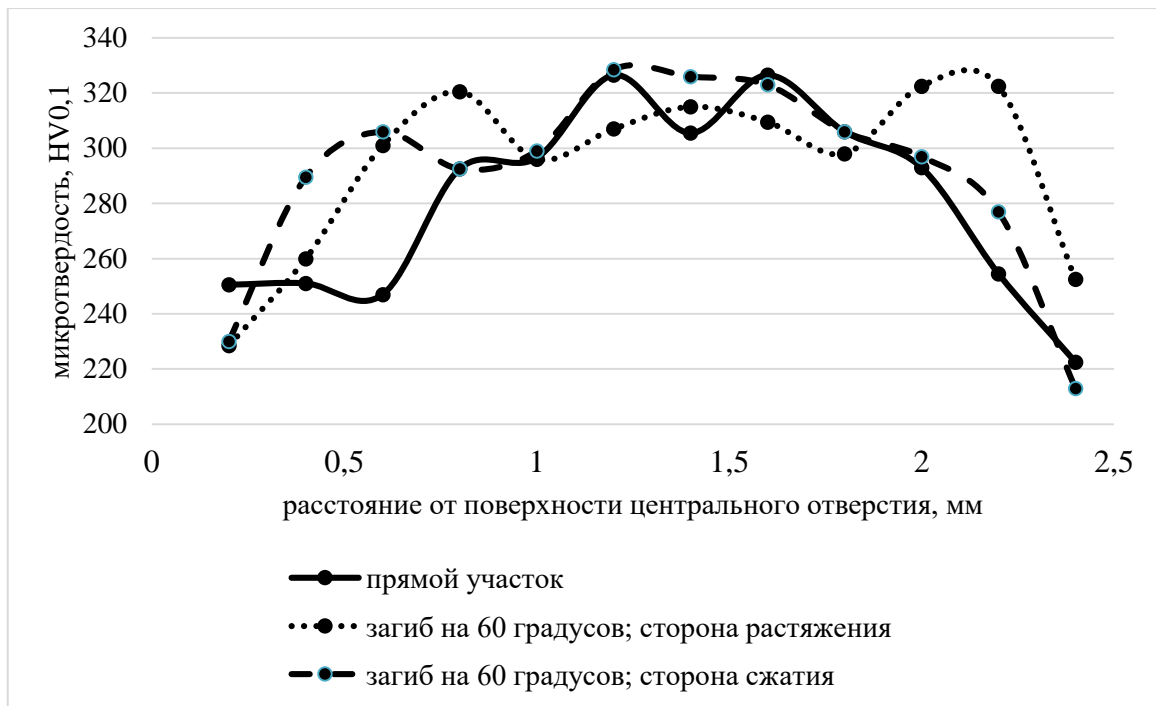


Рисунок 3 –Уголгиба 60°

Характер изменения микротвердости в сечении, выполненном на прямом участке, является отражением термомеханической предыстории получения проката. Известно, что типовой процесс изготовления трубного проката включает несколько последовательно выполняемых операций пластического деформирования и термической обработки. Ранее констатировалось, что количество волн на графике соответствует количеству операций пластического деформирования так, что было предложено использовать графики распределения твердости в поперечном сечении трубы для анализа продукции на принадлежность тому или иному изготовителю (3).

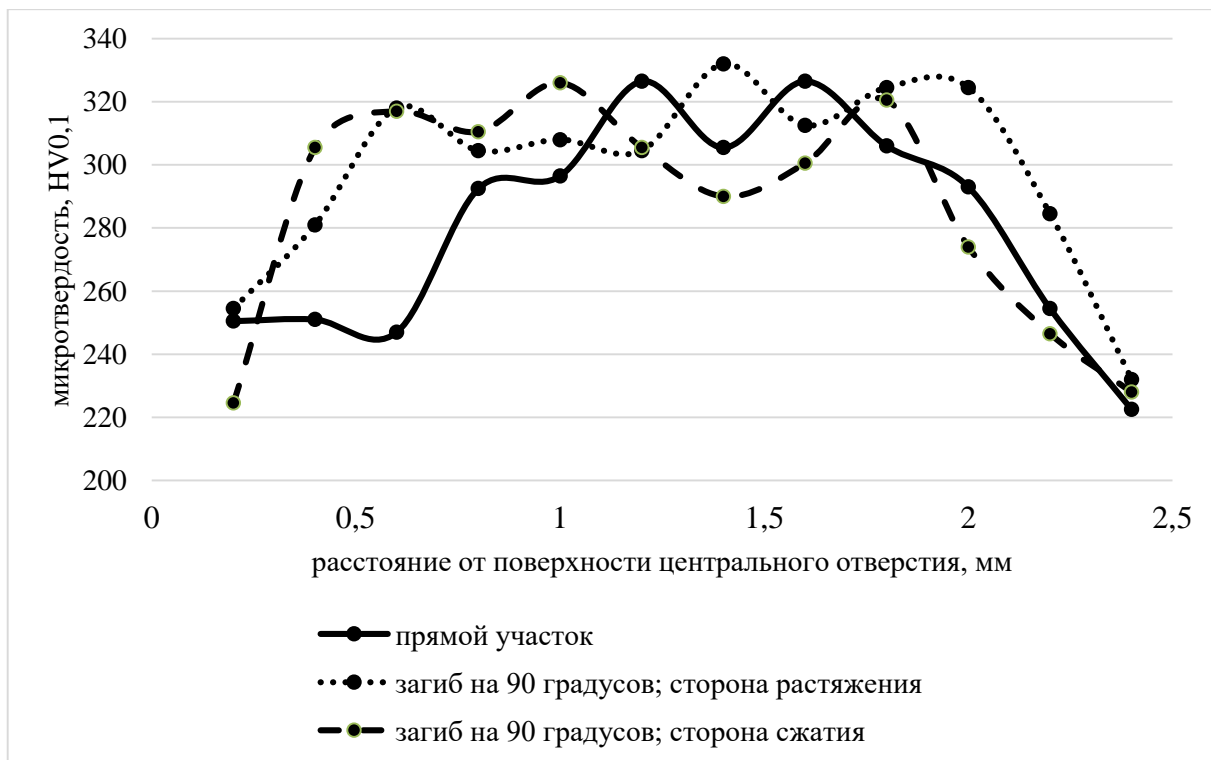


Рисунок 4 –Уголгиба 90°

Визуально влияние гибов на напряженное состояние трубы проявляется в изменении графика распределения твердости.

Графики распределения микротвердости в сечении при изгибе на угол  $15^{\circ}$  на стороне растяжения и сжатия, хотя и не являются эквидистантными друг другу, но имеют более близкую форму, чем при изгибах трубы на большие углы. При этом слои материала, близкие к поверхности внутреннего и наружного диаметров, начиная с определенной глубины, нагружены больше, чем слои, расположенные в середине стенки. Из графиков на рисунке 2 можно было бы сделать вывод о том, что изгиб трубы на угол  $15^{\circ}$  меняет характер распределения твердости на противоположный: там, где, судя по распределению на прямом участке, следовало бы ожидать локального увеличения твердости, измеренные значения показывают ее относительное уменьшение и наоборот.

Увеличение углагиба до  $90^{\circ}$  вносит еще большие искажения в картину распределения твердости. На стороне сжатия фиксируются три явных волны (экстремума) вместо четырех, присущих распределению на прямолинейном участке.

Очевидно, что наименьшего влияния гибов на изменение твердости и, как предполагается, остаточных напряжений, следует ожидать при меньших значениях углов гибов. Это предположение, в целом, подтверждают полученные значения микротвердости.

Наибольший прирост значений микротвердости в слоях, расположенных на расстояниях от 0,2 мм до 0,6 мм от поверхности составил для стороны сжатия:

- для угла загиба  $90^{\circ}$ : 96,5 ед. (46,2 %),
- для угла загиба  $60^{\circ}$ : 80,5 ед. (38,5 %),
- для угла загиба  $15^{\circ}$ : 62,5 ед. (25 %).

Наибольший прирост значений микротвердости в слоях, расположенных на расстояниях от 0,2 мм до 0,6 мм от поверхности составил для стороны растяжения:

- для угла загиба  $15^{\circ}$ : 55 ед. (20,9 %),
- для угла загиба  $60^{\circ}$ : 63,5 ед. (24,5 %),
- для угла загиба  $90^{\circ}$ : 28 ед. (13,3 %).

Выброс значения прироста микротвердости для угла загиба  $90^{\circ}$  – 28 ед. – следует, вероятно, считать ошибкой.

В работе [1] приведены данные Сайнсоном и Карлсоном, установившими, что при напряжениях сжатия около 400 МПа твердость по Виккерсу повышается на 1 %, а при напряжениях растяжения того же порядка — понижается на 5 %. К сожалению, пока не представляется возможным соотнести прирост на уровне 25-40 % с соответствующим уровнем остаточных напряжений. Если бы это удалось, можно было провести обратное рассуждение: зная уровень прироста твердости и уровень ОН, получаемых при таком приросте твердости, согласовать с поставщиком трубного проката такой уровень ОН, при которой добавка, вносимая гибом, не приведет к недопустимому уровню ОН в местах изгиба трубы. Дополнительная проблема состоит в том, что такой показатель, как величина ОН, как правило, не фигурирует в согласуемых документах, например, технических условиях на поставку проката. Даже национальный стандарт Российской Федерации оперирует только с твердостью [4].

Несмотря на некоторую логичность полученных результатов, четко интерпретировать их вряд ли возможно. Как показывают предыдущие исследования, и это нашло подтверждение в настоящей работе, холоднодеформированные стальные трубы отличаются значительной анизотропией механических свойств, в том числе неравномерным распределением твердости. Выделить влияние гибов даже на качественном уровне в этих условиях оказывается практически невозможно: рассеяние значений твердости вследствие термомеханической предыстории, а также погрешность самого прибора (твердомера) вносят шум. В настоящей работе измерения проводили только в плоскостигиба. Возможно, выполнение замеров по концентрическим окружностям позволило бы получить больше информации. В дальнейшем такая работа может быть проведена.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Буркин С. П., Андрюкова Е.А. Остаточные напряжения в металлопродукции : учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. 248 с.
2. Свещинский В.О. Применение твердометрии для оценки технического состояния топливопроводов систем CommonRail. //Тракторы и сельхозмашины. 2019. №4. С. 69-79.
3. Свещинский В.О. Нетривиальное использование термомеханической предыстории стальных бесшовных труб. //Журнал ААИ. 2018. №3. С. 12-14.
4. ГОСТ Р ИСО 8535-1-2017 Двигатели дизельные. Стальные трубы для топливопроводов высокого давления. Часть 1. Требования к бесшовным холоднодеформируемым трубам.

## ОСОБЕННОСТИ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ V-ОБРАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Синицын Владимир Александрович, д.т.н., профессор, [prorektor\\_agtu@mail.ru](mailto:prorektor_agtu@mail.ru)

Воронин Андрей Станиславович, аспирант, [asvoronin71@mail.ru](mailto:asvoronin71@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье анализируется проблема снижения вибрации поршневых V-образных транспортных двигателей путем анализа действующих сил инерции и моментов от сил инерции, определения уравновешенности двигателя по шести признакам уравновешенности и разработка мероприятий по уменьшению неуравновешенных сил и моментов.*

**Ключевые слова:** силы инерции, уравновешенность, вибрации.

При работе двигателя на детали кривошипно-шатунного механизма (КШМ) действуют силы инерции первого и второго порядков, центробежные силы инерции, а в многоцилиндровых двигателях – моменты от этих сил. В каждый момент времени все эти силы и моменты суммируются и передаются на опоры двигателя, вызывая вибрации.

Борьба с вредной вибрацией ведется по нескольким направлениям.

Первое направление — уменьшение или устранение неуравновешенных силовых воздействий непосредственно в источнике возникновения вибрации.

Второе направление — выход из режима резонанса. Это достигается изменением характеристик системы (масса, жесткость) или переводом системы на новый режим работы (изменение частоты колебаний).

Третье направление – вибродемпфирование, представляющее собой превращение механической энергии опасной вибрации в тепловую в материалах с большим внутренним трением (пластмассы, дерево, резина). Разновидностью вибродемпфирования является виброгашение. Для его осуществления двигатели устанавливают на массивный фундамент.

Уравновешивание указанных сил и моментов в современных двигателях, в том числе транспортных V-образных, достигается выбором определенного числа цилиндров, расположением колен вала, применением коленчатых валов со смещенными в пределах одной секции шатунными шейками, дополнительных движущихся масс – противовесов и рядом других способов [1, 2].

Двигатель считается уравновешенным, если во время работы на его опоры передаются постоянно по величине и направлению усилия. У неуравновешенного двигателя давление на опоры непрерывно изменяется и вызывает вибрацию подмоторной рамы и автомобиля в целом, что сопровождается ослаблением болтовых соединений, перегрузкой отдельных деталей, увеличением их износа и другими нежелательными явлениями. В зависимости от типа двигателя, его назначения и требований технического задания на проектирование двигатель может быть полностью уравновешен по всем шести признакам или частично, по некоторым из них.



При анализе уравновешенности двигателей обычно рассматривается два типа задач - прямая и обратная [5].

Одной из самых сложных схем для уравновешивания является схема коленчатого вала V-образных 6-ти и 10-ти цилиндровых транспортных дизелей. Коротко рассмотрим конструктивные особенности коленчатых валов указанных двигателей и проведем анализ их уравновешенности.

а) коленчатый вал V-образного 6-ти цилиндрового транспортного дизеля.

Такой дизель имеет, как правило, угол развала блоков  $120^\circ$ . Коленчатый вал выполняется по схеме с кривошипами под углом  $120^\circ$  и обеспечивает равномерное чередование вспышек – через  $240^\circ$  поворота коленчатого вала (рисунок 1).

На каждой шатунной шейке расположено по два шатуна, которые могут располагаться рядом (схема с рядом стоящими шатунами), либо соединяться по схемам главный – прицепной шатун, либо – вильчатый - внутренний.

Анализ уравновешенности двигателя  $6V120^\circ$  показал, что он самоуравновешен по центробежным силам инерции, силам инерции первого и второго порядков вследствие расположения кривошипов коленчатого вала под углом  $120^\circ$ . Несмотря на это, на продолжении щек коленчатого вала могут устанавливаться противовесы для разгрузки коренных опор от действия местных центробежных сил инерции.

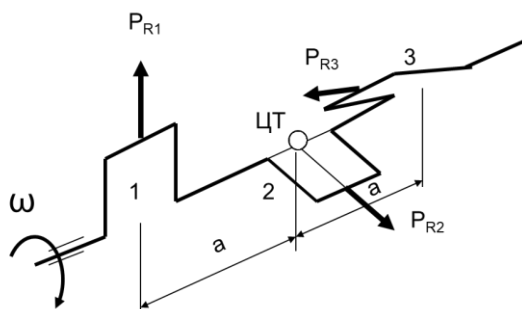


Рисунок 1 – Схема коленчатого вала и расположения векторов центробежных сил инерции двигателя  $6V120^\circ$

Таким образом, двигатель  $6V120^\circ$  не уравновешен по моментам от центробежных сил инерции, а также по моментам от сил инерции первого и второго порядков. Напомним, что период изменения сил инерции первого порядка составляет один оборот коленчатого вала, а сил инерции второго порядка – пол-оборота коленчатого вала.

По моментам от центробежных сил проектируемый двигатель может быть уравновешен выносным противовесом и дисбалансом в маховике.

Уравновешивание момента от центробежных сил инерции осуществляется выносными противовесами на коленчатом валу, которые устанавливаются в плоскости действия момента, т.е. при значении угла поворота коленчатого вала  $\varphi = 0^\circ$  противовесы уже повернуты по направлению вращения коленчатого вала на угол  $30^\circ$ .

Уравновешивающий механизм продольного момента от действия центробежных сил инерции состоит из дополнительного вала, вращающегося с угловой скоростью коленчатого вала против направления вращения коленчатого вала, на котором установлены противовесы, повернутые по направлению вращения коленчатого вала на угол  $30^\circ$ .

Суммарный вектор момента центробежных сил инерции  $\sum M_R$  действует вдоль второго кривошипа. Сам момент действует в перпендикулярной плоскости, составляющей с вертикалью угол  $30^\circ$ . В этой плоскости и размещаются система противовесов, один из которых – на продолжении щеки первого кривошипа. Роль второго противовеса исполняет дополнительная масса на маховике («дисбаланс» маховика).

По моментам от сил инерции первого и второго порядков двигатель 6V120° также не самоуравновешен. Оба момента уравниваются специальными двухвальными механизмами Ланчестера.

Поэтому полный механизм уравнивания двигателя 6V120° представляет собой достаточно сложную конструкцию из противовесов на щеках коленчатого вала, «дисбаланса» маховика и 3-х дополнительных валов с противовесами, причем два вала с противовесами вращаются навстречу друг другу с удвоенной угловой скоростью.

Выполненный анализ показывает, что полное уравнивание коленчатого вала двигателя 6V120° связано с значительным усложнением его конструкции и поэтому используется редко.

б) коленчатый вал V-образного 10-ти цилиндрового транспортного дизеля.

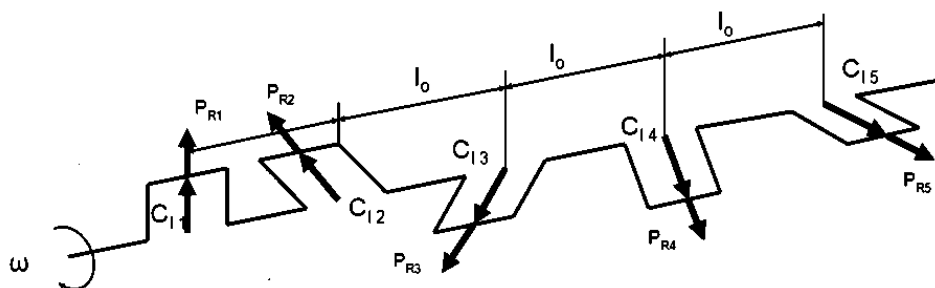


Рисунок 2 – Схема коленчатого вала и расположения векторов центробежных сил инерции двигателя 10V144°

Такой дизель имеет угол развала блоков 90°, 120°, 144° и 180°. Рассмотрим уравнивание двигателя с коленчатым валом с кривошипами под углом 72° и углом между блоками – 144° (рисунок 2).

Анализ уравниваемости двигателя 10V144° позволяет сделать вывод о том, что суммарные векторы центробежных сил инерции, сил инерции первого и второго порядков равны нулю, то есть  $\sum P_R = 0$ ,  $\sum P_I = 0$ ,  $\sum P_{II} = 0$ . Эти условия есть следствие расположения кривошипов коленчатого вала двигателя 10V144° под углом 72°.

Несмотря на это, на продолжении щек коленчатого вала двигателя 10V144° могут устанавливаться противовесы для разгрузки коренных опор от действия местных центробежных сил инерции.

Неуравновешенными в данном двигателе являются моменты от центробежных сил инерции и сил инерции первого и второго порядков. Рассмотрим подробнее методы и способы уравнивания указанных моментов.

Уравнивание момента от центробежных сил инерции осуществляется с помощью выносного противовеса и «дисбаланса» в маховике, установленного на коленчатом валу в плоскости действия момента, т.е. при  $\varphi = 0^\circ$  противовесы повернуты по направлению вращения на угол 18°.

Уравнивание момента от сил инерции второго порядка осуществляется при помощи установки двух дополнительных валов с противовесами, вращающихся с удвоенной угловой скоростью в противоположных направлениях.

Уравнивание моментов от сил инерции второго порядка применяется очень редко, так как моменты невелики, а их уравнивание значительно усложнит конструкцию двигателя.

Выполненный с помощью критериев уравниваемости А. М. Каца [3] анализ степени уравниваемости двигателя 10V144° показал, что значения критериев не превосходят допустимых пределов по коленчатому валу двигателя 10V144°, что дает возможность оставить неуравновешенным момент от сил инерции второго порядка при условии обязательного уравнивания моментов от центробежных сил инерции и сил инерции первого порядка указанными выше способами.

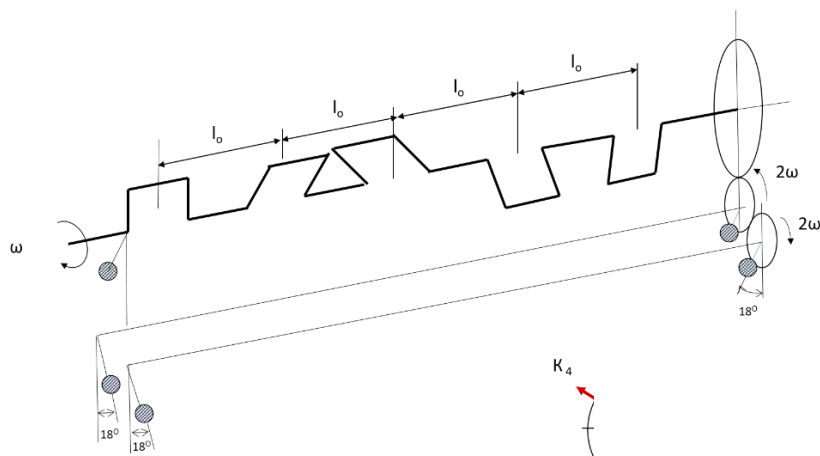


Рисунок 3 – Схема уравнивания коленчатого вала двигателя 10V144° от действия моментов сил инерции второго порядка

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сеницын В.А. Уравнивание двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2008. 120 с.
2. Крюков В.В. Способы уравнивания поршневых двигателей // Двигателестроение. 1983. № 3. С. 45-46.
3. Гоц А. Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей: учебное пособие; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Редакционно-издательский комплекс ВлГУ, 2005. 124 с.
4. Дурыманов Б.А. Способы естественного уравнивания двигателей // Двигателестроение. 1987. № 7. С. 14-16.
5. Румянцев В.В., Сеницын В.А. Динамика двигателей. Уравнивание двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие [для вузов]. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 213 с.

### 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

Сури́н Роман Олегович, аспирант, [roman\\_surin81.81@mail.ru](mailto:roman_surin81.81@mail.ru).

Ус Семён Сергеевич, аспирант, [magusus@mail.ru](mailto:magusus@mail.ru)

Кузнецов Евгений Евгеньевич, д.т.н., доцент, профессор, [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru).

Щитов Сергей Васильевич, д.т.н., профессор, [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru).

Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск, Россия

*В статье приведен обзор применения 3D-моделирования для изготовления сельскохозяйственных орудий на этапе проведения теоретических исследований и перспективного проектирования. Применение в области современных технологий средств масштабного моделирования с проверкой работоспособности в специализированных программах позволяет значительно сократить сроки и средства на производство новых машин и орудий.*

**Ключевые слова:** 3D-моделирование, проектирование, информационные технологии, фронтальный прокальватель-щелерез, эффективность

С развитием в области информационных технологий значительного количества новых средств программного обеспечения и методов моделирования появилась реальная и эффективная возможность использования 3D-моделирование (составление планов,

различных схем, рисунков, графиков) на электронных устройствах и персональных ЭВМ, что даёт возможность проектировщикам и инженерам значительно экономить время и денежные средства на создании какого-либо нового проекта или же объекта-модели.

В современных условиях развития сельского хозяйства при подготовке конструкторско-технологической документации (КТД) испытуемого изделия (рисунок 1) и последующей отправки ее в производство все чаще стало применяться трехмерное (твердотельное) проектирование с проведением компьютерного моделирования работоспособности изделия, что является сущностью 3D-моделирования [1].



Рисунок 1 - Фронтальный прокалыватель-щелерез (патент на изобретение № 2769449) [5]

3D-моделирование в системе КОМПАС-3D V21 является одним из более эффективных и удобных методов на отечественном рынке CAD (ComputerAidedDesignSystem). Огромные возможности его параметрической системы CAD позволяют создавать множество эскизов деталей и сборочных единиц различного типа, вида и уровня сложности [2-4].

Но необходимо знать, что прежде, чем приступить к освоению процесса моделирования, следует первоначально рационально составить алгоритмы действий и разделить его на технологические этапы, что значительно облегчит дальнейшую работу по анализу, моделированию и проверке работоспособности изготавливаемого элемента (агрегата, изделия), а также сократит общее время операции.

Основные этапы проведения 3D-моделирования:

1. Составление технического задания и обобщение собираемой информации (наименование и назначение предполагаемого изделия (объекта, элемента, детали, КТД и др.).
2. Проведение анализа КТД объекта (технологическое назначение и описание, чертежи, схемы и алгоритм сборки, ГОСТы).
3. Проведение моделирования деталей малых размеров и простых конструкций (втулки, валы, фланцы и др.).
4. Моделирование деталей средних размеров, обладающих достаточно сложной геометрией и конфигурацией (валы-шестерни, оси, поршни, зубатые колеса и др.).
5. Моделирование наиболее сложных корпусных деталей с применением творческо-логических умений и полного функционала системы CAD.
6. Проведение поиска в библиотеках интернета по применению уже существующих объектов (изделий).
7. Проведение сборки отдельных узлов (приспособлений).
8. Непосредственная сборка всех составляющих фрагментов и деталей.

9. Создание анимации движения по заданным переменным и симуляции в специализированных программах типа Blender.

Результат первого этапа самый важный, так как от правильно поставленной задачи и собранной в необходимом количестве информации зависит конечный результат работы. В первую очередь необходимо определить, что является наиболее важным и главным в 3D-моделировании, продумать техническое назначение объекта (применение его в сельском хозяйстве) в целом и отдельных его элементов, сформировать требования по прочности и степеням свободы к отдельным его элементам. После, спланировав техническое задание, необходимо приступить к сбору необходимой информации о формируемом изделии, в которую могут входить чертежи, эскизы, схемы, ГОСТы, ТУ и т.д.

Для того чтобы проектировщик смог смоделировать более сложное изделие, ему необходимо иметь значительный опыт работы в области транспортного или сельскохозяйственного машиностроения, а также обладать достаточным количеством специализированных знаний, умений и навыков, а именно:

- в работе с САД-системой на уровне хотя бы уверенного пользователя;
- знаниями конструирования в области инженерной графики и начертательной геометрии для проектирования в системе САД;
- знать техническую документацию и уметь читать чертежи деталей (элементов, агрегатов, изделий);
- иметь опыт в процессе программирования для использования переменных модели;
- иметь возможность доступа к содержимому библиотек государственных стандартов (ГОСТ).

При моделировании простых и малогабаритных деталей необходимо иметь опыт в использовании САД-систем (рисунок 2). Так как в программе КОМПАС-3D V21 существует возможность формирования 3D-модели простых по конструкции деталей.

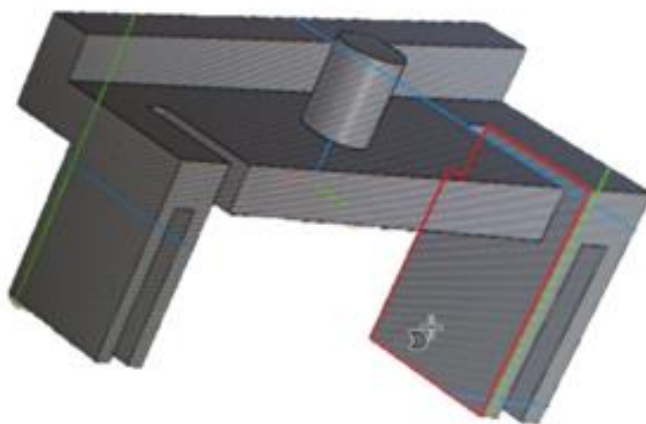


Рисунок 2 – Изготовление простых отдельных деталей крепления навески фронтального прокальвателя-щелереза

Этап моделирования средних по сложности деталей является одним из самых долгих по времени и наиболее сложным по трудоемкости. Также во время проведения работ по моделированию необходимо пристальное внимание к сложным системам, имеющим большое количество деталей (элементов) сложной геометрии или соосности (рисунок 3).

После проектирования отдельных узлов (деталей, элементов) необходимо приступить к непосредственной сборке всех составляющих фрагментов и деталей в одну цельную конструкцию или систему.

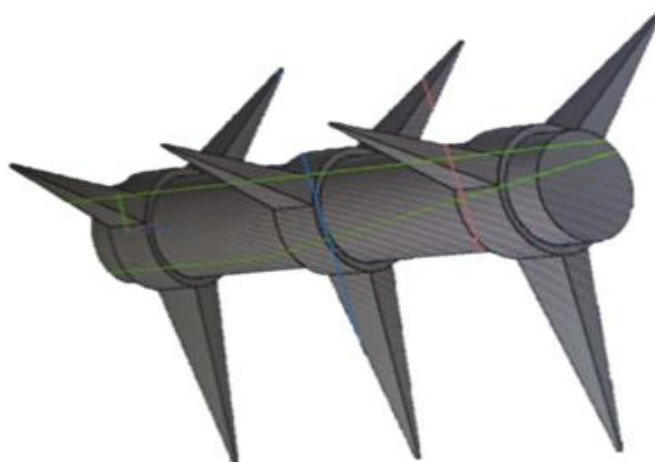


Рисунок 3 – Вал фронтального прокалывателя-щелереза с прокалывающими элементами

Далее, чтобы проверить совместимость изготовленных деталей в общей конструкции необходимо создать анимацию движения объектов по заданным переменным и параметрам поверхности движения. Для создания иллюзии движения зачастую прибегают к математическому описанию этого движения или программам симуляции. В процессе работы также появляется возможность моделирования поломок и изменения габаритов или конфигурации узлов объекта (рисунок 4).

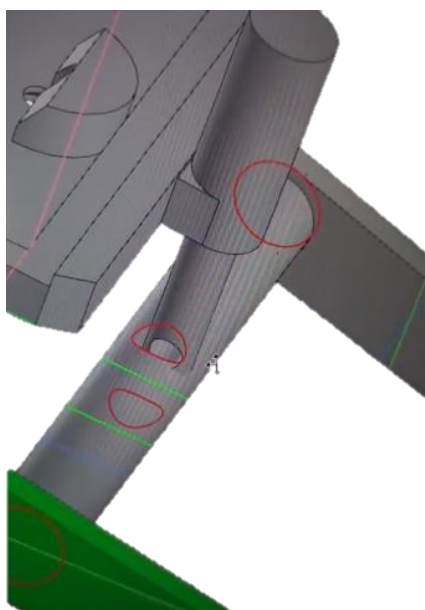


Рисунок 4 – Выявление несовместимости различных отдельных деталей

Для сокращения времени проектирования модели разработан пакет генерации OpenGL-программ, который позволяет на собранной модели автоматически генерировать код программы, подключаемый в основной программе КОМПАС-3D V21. Данный пакет программ на языке AutoList разрешает даже неопытному пользователю выбрать необходимые характеристики модели, созданные в AutoCAD и автоматически генерировать OpenGL-программу для построения необходимой визуализации.

На последнем этапе, после проведения визуализации сглаживания углов, создания скруглённых диагональных линий (рёбер), количества шагов в полигональной сетке собранная модель в необходимом масштабе выводится на печать 3D- принтера (рисунок 5).



Рисунок 5 – Изготовление модели полурампного трактора К700 с установленным фронтальным прокальвателем-щелерезом методом 3D-принтирования

Таким образом, применение технологий 3D-проектирования как в сельском хозяйстве, так и в других сферах деятельности очень важно, современно и необходимо. Предоставляемые рассмотренной технологией возможности высокоэффективны и малозатратны. Вместе с тем позволяют провести качественные исследования параметров конструкции и технологических характеристик перспективных машин на этапе их проектирования и конструирования.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бунаков П.Ю., Широких Э.В. Высокоинтегрированные технологии в металлообработке. М.: ДМК Пресс, 2011. 208 с.
2. Маслов К.Ю. 3D-моделирование в промышленной сфере / К.Ю. Маслов, М.Ю. Похорукова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2016. - № 11.3 (115.3). - С.19-22. - URL: <https://moluch.ru/archive/115/31349/> (дата обращения: 22.11.2022).
3. Бунаков П.Ю., Широких Э.В. Сквозное проектирование в машиностроении. Основы теории и практикум. М.: ДМК Пресс, 2010. 120 с.
4. Погребняк Г.Е., Белов В.В. 3D-моделирование изделий машиностроения в T-FLEX CAD 3D // Вторая международная научнопрактическая конференция «Актуальные вопросы технических наук в современных условиях». Санкт-Петербург, 2015. С.7-12.
5. Сурин Р.О. Перспективные конструктивные схемы сельскохозяйственных машин для проведения полевой обработки почвы/ Р.О. Сурин [и др.] // 65я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения ISSN 2411-1899 Теоретические и практические вопросы современной науки / Сборник научных работ 65й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, июль 2020). -№ 7(65). – М.: ЕНО, 2020. - С.117-120

## ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ КАПЕЛЬ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Тельцов Д.С., аспирант,  
Андрющенко С.П., к.т.н., доцент,  
Дмитриев Александр Сергеевич, к.т.н., доцент,  
Титов Сергей Владимирович, д.т.н., доцент,  
Юр Геннадий Сергеевич, д.т.н., профессор, ksdvs@nsawt.ru  
Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия

*В статье приведены результаты сравнительных экспериментальных исследований дизеля Ч 10,5/12 на безводном дизельном топливе, грубой, микрогетерогенной водотопливной эмульсии и на коллоидном растворе дизельного топлива с водой. Исследования показали, что с увеличением дисперсности водотопливной эмульсии, удельный расход дизельного топлива сокращается, температура отработавших газов повышается, а количество оксидов азота увеличивается, приближаясь к показателям работы на безводном дизельном топливе.*

**Ключевые слова:** дизельное топливо, вода, водотопливная эмульсия, коллоидный раствор, удельный расход топлива, оксиды азота.

В Новосибирском институте инженеров водного транспорта (НИИВТ) под руководством д.т.н., профессора Лебедева О.Н. в конце XX века был выполнен большой объем по изучению и внедрению водотопливных эмульсий (ВТЭ) на речном флоте.

Опытная эксплуатация судовых дизелей в Западно-Сибирском речном пароходстве на водотопливных эмульсиях тяжелое топливо+вода показала заметное улучшение экономичности, снижение вредных выбросов и температуры отработавших газов [1].

За рубежом, для предприятий-перевозчиков, имеющих парк устаревших автомобилей фирмы Elf (Германия), планируется перевод дизелей на ВТЭ, которую можно будет приобретать на заправочных станциях.

Эмульсией называется смесь, состоящую из двух нерастворимых жидкостей, одна из которых распределена в другой в виде мелких включений.

Классификация ВТЭ [2]:

- грубая эмульсия с размерами дисперсной фазы более 10 мкм;
- микрогетерогенная эмульсия с размерами включений воды 1-10 мкм;
- коллоидный раствор с размерами частиц воды менее 1 мкм.

Происходящие в камере сгорания дизеля явления можно представить в виде комплекса влияющих и взаимно дополняющих физических и химических процессов:

- физические процессы, обеспечивающие более тонкое распыливание и вторичное дробление капель ВТЭ в виде «микровзрывов».

- каталитические и химические процессы, оказывающие влияние на процесс горения топлива [5].

С уменьшением размера капель будет увеличиваться площадь контакта топлива с воздухом и, соответственно, будет усиливаться химическое и кинематическое влияние воды на процесс сгорания топлива.

В лаборатории СЭУ на дизеле Ч 10,5/12 были проведены сравнительные испытания на безводном дизельном топливе, грубой, микрогетерогенной эмульсии и коллоидном растворе воды в топливе.

На рисунках 1, 2, и 3 показаны фотографии установок для приготовления водотопливных эмульсий, разработанных и изготовленных в Новосибирском университете водного транспорта.





Рисунок 1 – Серийно изготавливаемая установка ВТЭ – 3 для приготовления грубой ВТЭ тяжёлое топливо+вода. Установка успешно эксплуатировалась на судах Западно-Сибирского пароходства [1]

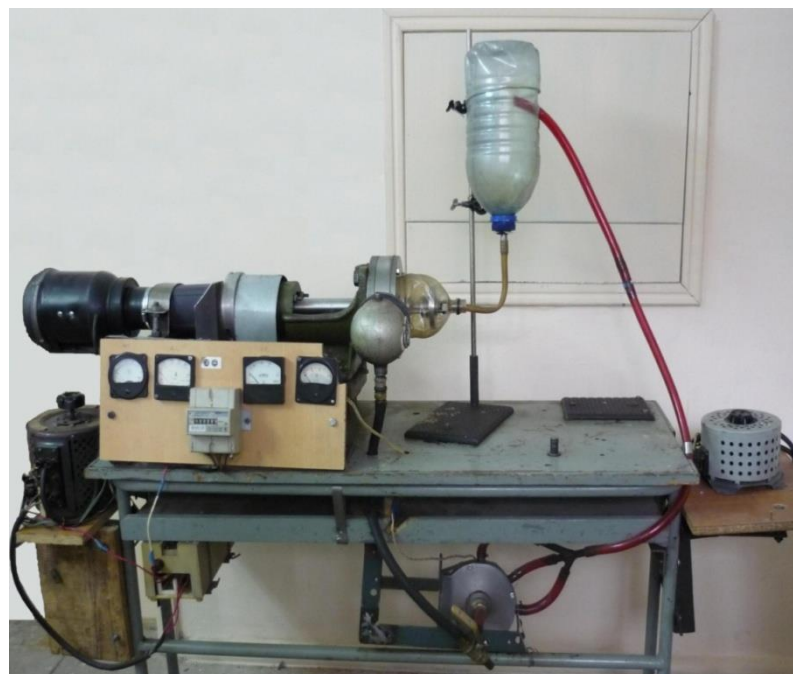


Рисунок 2 – Экспериментальная установка для приготовления микрогетерогенной водотопливной эмульсии дизельное топливо+вода [3]

На рисунке 4 представлены результаты, полученные при испытаниях дизеля на дизельном топливе, грубой ВТЭ, микрогетерогенной ВТЭ и мицелярном растворе воды в дизельном топливе с содержанием воды 10 %.



Рисунок 3 – Экспериментальная установка для приготовления коллоидного раствора воды с дизельным топливом [4]

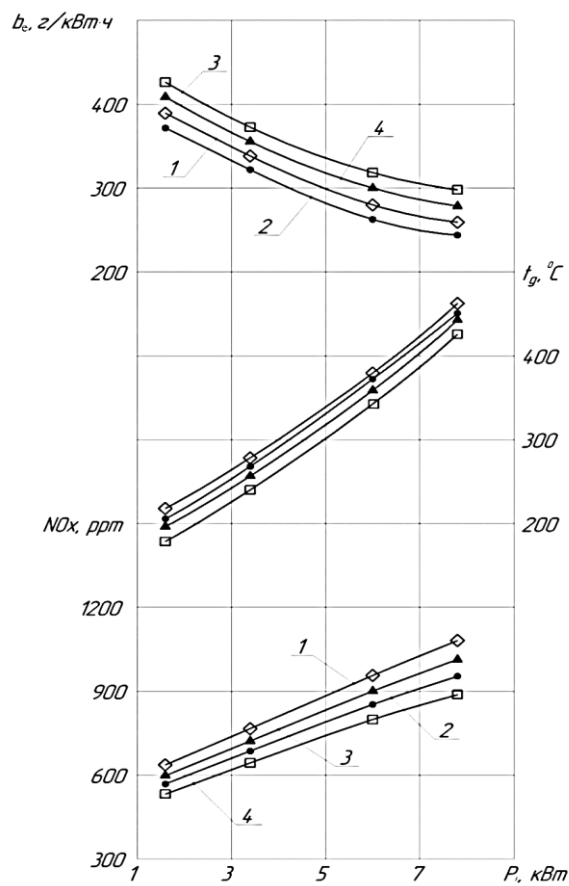


Рисунок 4 – Нагрузочные характеристики дизеля Ч 10,5/12 при частоте вращения коленчатого вала равной 1500 об/мин., где:

- – 1- безводное топливо;
- – 2 – мицелярный раствор
- – 3 – грубая ВТЭ
- △ – 4 – микрогетерогенная ВТЭ

Здесь приняты следующие обозначения:

$b_e$  – удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч),  $NO_x$  – концентрация оксидов азота, ppm;  $t_g$  – температура отработавших газов, °С.

На рисунке 5 приведены фотографии ВТЭ, полученные при помощи микроскопа.

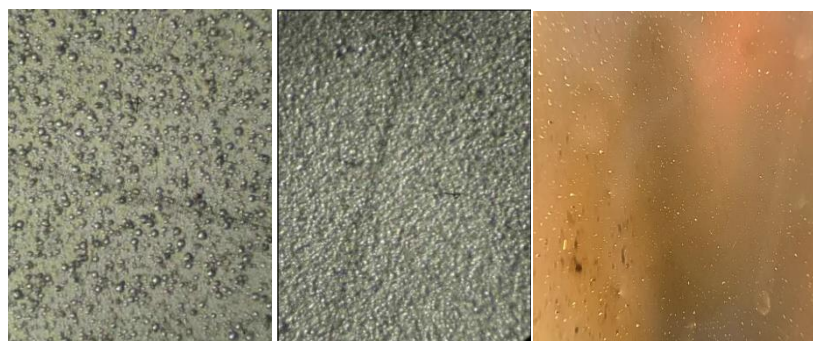


Рисунок 5 – Фотографии водотопливной эмульсии различной дисперсности.  
Слева – грубая ВТЭ, в центре микрогетерогенная ВТЭ, справа коллоидный раствор воды в дизельном топливе

В результате проведённых нами экспериментальных исследований можно сделать вывод, что с увеличением дисперсности водотопливной эмульсии удельный эффективный расход дизельного топлива сокращается, температура отработавших газов повышается, а количество оксидов азота увеличивается, приближаясь к показателям работы двигателя на безводном дизельном топливе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. Ленинград : Судостроение, 1988. 105 с.
- 2 Терзиян Т.В. Физическая и коллоидная химия// Екатеринбург. 2012. 108 с.
- 3 Андрющенко С.П., Антонов В.Е., Попков В.В., Юр Г.С. Экспериментальная установка для получения микрогетерогенной водотопливной эмульсии // Обновление флота – актуальная проблема водного транспорта на современном этапе. Материалы Международной юбилейной научно-технической конференции/ Новосибирская государственная академия водного транспорта. Новосибирск : 2011. Ч.1. С. 158–159.
- 4 Тельцов Д.С., Титов С.В., Осипов В.И., Юр Г.С. Экспериментальная установка для получения коллоидного раствора воды в дизельном топливе // Материалы 8-й международной научно-практической конференции «Информационные технологии, системы и приборы в АПК. Краснообск : 2021. С.348-350.
- 5 Бабкин В.С., Вьюн А.В. Влияние паров воды на нормальную скорость пламени метановоздушной смеси при высоких давлениях // Физика горения и взрыва. Новосибирск, 1971. № 3. С. 392–395.

## ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА ИЗ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ КАВИТАЦИИ

Швецов Игорь Витальевич, аспирант,  
Дмитриев Александр Сергеевич, к.т.н., доцент,  
Титов Сергей Владиленович, д.т.н., доцент,  
Юр Геннадий Сергеевич, д.т.н., профессор, ksdvs@nsawt.ru  
Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия

*В статье приведено описание конструкции устройства для получения водородосодержащего газа из дизельного топлива. В полученной из дизельного топлива при комнатной температуре газовой смеси основным химическим компонентом является водород.*

**Ключевые слова:** *дизельное топливо, кавитация, порог кавитационной прочности, пульсационный аппарат, водородосодержащий газ.*

В ФГБОУ ВО «СГУВТ» выполнен значительный объём научно-исследовательских работ по использованию водорода и водородосодержащих присадок в качестве присадки к воздуху.

В ходе экспериментальных исследований установлено, что дополнительный наддув дизеля 6ЧНСП 16/22,5 водородосодержащим газом уменьшил содержание оксидов азота от 180 до 200 мг/м<sup>3</sup>.

Для получения водородосодержащей присадки были изготовлены и испытаны сначала модель термического кавитационного газового генератора, а затем, опытный образец судового термического генератора. Для осуществления процесса газификации дизельное топливо впрыскивалось в нагретую до температуры выше 400 °С газовую среду, в которой возбуждались интенсивные пульсации, превышающие порог кавитационной прочности жидкости [1].

Водород существенно отличается от традиционных жидких углеводородных топлив скоростью сгорания, энергией воспламенения и пределом воспламенения. Отличительной особенностью водорода является широкий диапазон воспламенения (4 - 75 % по объёму) и взрываемости (от 18,3 до 74,3 % по объёму). Поэтому, применение водородосодержащей присадки связано с повышенной пожароопасностью при его получении и использовании.

В настоящее время Правилами Российского Речного Регистра и Морского Регистра судоходства запрещается использование и хранение на борту судна топлива с температурой вспышки выше 61 °С.

Поэтому наиболее целесообразным будет способ получения водорода из жидкого углеводородного сырья без нагрева и его использование непосредственно в качестве присадки к дизельному топливу.

Применение водородосодержащей присадки к топливу, по мнению специалистов, позволит существенно улучшить его экономические и экологические характеристики [2].

Целью настоящего исследования является разработка и изготовление устройства для получения водорода из дизельного топлива без его предварительного нагрева, и провести испытания дизеля на топливе с примесью водорода в виде микропузырьков.

Для осуществления процесса газификации предлагается использовать процесс кавитации. Преимуществом кавитации является возможность получения высоких локальных плотностей энергии при незначительных затратах мощности на осуществление этого процесса.

В процессе кавитации происходит образование в жидких средах пузырьков или полостей, заполненных паром и газом. Установлено, что при адиабатном сжатии кавитационного пузырька температура может достигать 10<sup>4</sup> °С, а давление до 15 МПа и более. Напряженность электрического поля в момент расщепления парогазовых пузырьков может достигать до 10<sup>11</sup> В/м [3].

В лаборатории СДВС была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка для осуществления газификации дизельного топлива.

В качестве основы была использована известная конструкция пульсационного аппарата радиально роторного типа, который широко применяется в различных химико-технологических процессах. В роторе и статоре имеются сквозные каналы. При вращении ротора его каналы периодически совпадают с каналами статора и в результате генерируются импульсы разряжения и сжатия, которые при определённых условиях могут стать источником процесса кавитации [4].

Как показали результаты численного исследования, выполненные Титовым С.В., для осуществления процесса кавитации необходимо преодолеть порог кавитационной прочности жидкости, который для капель распыленного дизельного топлива равен 0,3 МПа [5].

Для преодоления этого порога, к известной конструкции пульсационного аппарата радиально роторного типа были добавлены ещё две дополнительные ступени.

Необходимо отметить, что большой вклад в создание этой экспериментальной установки, на начальном этапе, был внесён Геннадием Семеновичем Кармацким.

На рисунке 1 приведён её общий вид экспериментальной установки

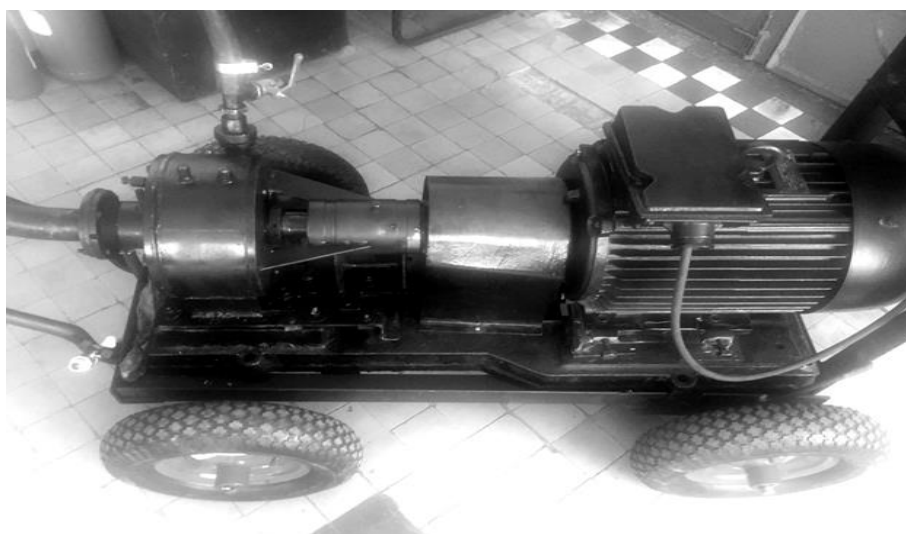


Рисунок 1 – Фотография экспериментальной установки

В ходе экспериментальных исследований отмечено, что процесс газификации дизельного топлива происходил при комнатной температуре воздуха.

Хроматографический анализ газообразных продуктов, полученных при кавитационной обработке дизельного топлива, показал, что в полученной газовой смеси основным химическим компонентом является водород.

В дальнейшем, нами планируется провести экспериментальные исследования рабочего процесса дизеля на модифицированном топливе, содержащем в своем составе водород.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Титов С. В., Юр Г.Г. Кавитационный термический газовый генератор для газификации дизельного топлива // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2007. № 1. С. 107–109.
2. Матиевский Д.Д., Свистула А.Е. Повышение экономичности и снижение вредных выбросов дизеля воздействием на рабочий процесс присадки газа к топливу // Вестник АлтГТУ. 2000. №2. С. 122–128.
3. Маргулис М. А. Звухохимические реакции и сонолюминисценция. Москва : Химия, 1986. 288 с.

4. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. Москва : Машиностроение, 2001. 260 с.
5. Титов С. В., Андриющенко С.П., Попков В.В. Физико-математическая модель расчета динамики роста парового пузырька, находящегося в капле топлива в осциллирующей среде // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. №2. С. 221–223.

## КОНСТРУКЦИИ ПОРШНЕЙ СОВРЕМЕННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Ярославцев Артём Олегович, студент, [temka\\_970@mail.ru](mailto:temka_970@mail.ru)

Герман Евгений Альфредович, к.т.н., доцент, [evg.german@mail.ru](mailto:evg.german@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрены современные конструктивные решения, направленные на повышение прочности и долговечности поршней современных автотранспортных дизелей.*

**Ключевые слова:** поршень, автотранспортные дизели, прочность, долговечность, конструктивные решения.

Анализируя технические параметры автотранспортных дизелей за последние годы можно наблюдать непрерывный рост максимального давления сгорания (рисунок 1). Эта тенденция вынуждает конструкторов уделять большое внимание проектированию поршней с высокими прочностными характеристиками. Эта задача комплексная, так как наряду с прочностью и долговечностью необходимо принимать во внимание массу поршня, температурное расширение материала и коэффициент трения пары поршень – цилиндр двигателя.

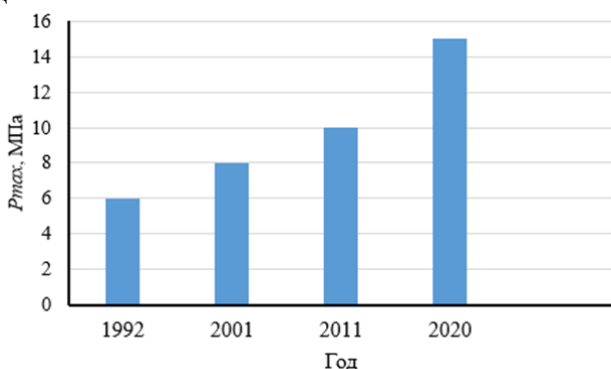


Рисунок 1 - Динамика изменения максимального давления сгорания в автотранспортных дизелях

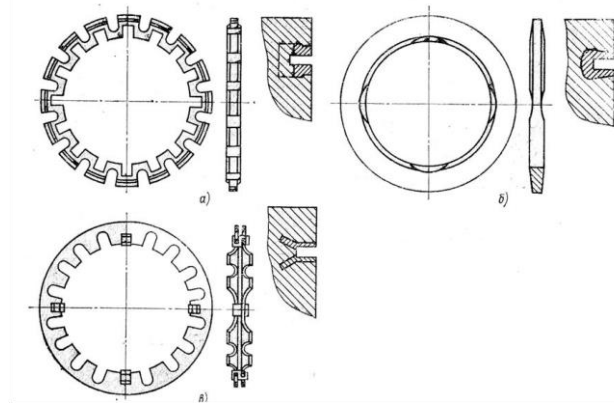
Масса поршневой группы непосредственно влияет на силы инерции, от которых зависит уравновешенность и уровень вибраций двигателя. Снижение массы поршня, при сохранении прочности и надежности конструкции, является весьма сложной и противоречивой задачей, с которой сталкиваются конструкторы. Коэффициент температурного расширения материала поршня определяет необходимые монтажные зазоры между стенкой цилиндра и юбкой поршня. При минимальных зазорах повышается вероятность заклинивания

поршня в цилиндре, увеличение тепловых зазоров повышает шумность работы двигателя и расход масла. Снижение трения в паре поршень – цилиндр обеспечивается правильным выбором материала сопрягаемых деталей, вида покрытия и термообработки.

В качестве основных материалов для производства поршней автотранспортных дизелей используются алюминиевые сплавы, серый чугун, высокопрочный чугун, легированная сталь.

Поршни из алюминиевых сплавов. Основным преимуществом таких поршней является их небольшая масса, но из-за большого коэффициента линейного расширения (в 2-2,5 раза выше, чем у чугуна и стали) необходимо увеличивать радиальный зазор между направляющей частью поршня и стенкой цилиндра. Увеличенные зазоры затрудняют пуск дизеля, повышается шумность работы двигателя на малых нагрузках. Следует отметить, что алюминиевые сплавы имеют более высокую теплопроводность (в 3-3,5 раза выше, чем у чугуна и стали) и на 30-40 % меньшую теплоотдачу от газов к днищу поршня. Поэтому температура алюминиевых поршней существенно ниже, чем стальных или чугунных. Вследствие более низкой температуры поршня возрастает наполнение цилиндра воздухом,

что позволяет повысить мощность дизеля и снизить расход топлива. Недостаток поршней из алюминиевых сплавов – малая прочность при высоких температурах и давлении сгорания, быстрая разработка канавок поршневых колец и бобышек поршневого пальца. В форсированных дизелях в цельнолитой поршень из алюминиевого сплава устанавливают вставки из легированной стали, а также из аустенитного чугуна, что существенно повышает износостойкость кольцевых канавок (рисунок 2).



*a* – фигурная чугунная; *б* – литая нерезистовая (чугун с содержанием  $Ni=10\div 12\%$ ,  $Mn=2\div 5\%$ );  
*в* – стальная штампованная.

Рисунок 2 - Вставки, повышающие износостойкость канавок поршня:

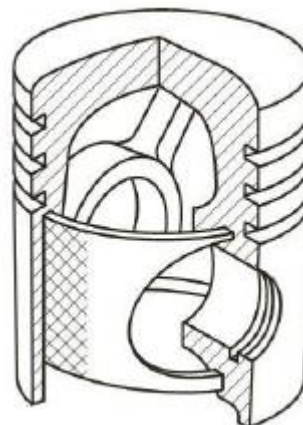


Рисунок 3 - Поршень с терморегулирующей вставкой

Малый диаметральный зазор при достаточной прочности достигается применением биметаллической терморегулируемой конструкции поршня (рисунок 3). Терморегулирование обеспечивается заливкой (наиболее часто в районе бобышек) стальных пластин - вставок, которые по сравнению с алюминиевым сплавом имеют более низкий коэффициент линейного расширения, что позволяет уменьшить расширение направляющего пояса поршня при работе двигателя.

В дизелях с непосредственным впрыском камера сгорания формируется в головке поршня. Камера сгорания, расположенная в поршне, усложняет конструкцию поршня и увеличивает тепловую напряженность его головки.

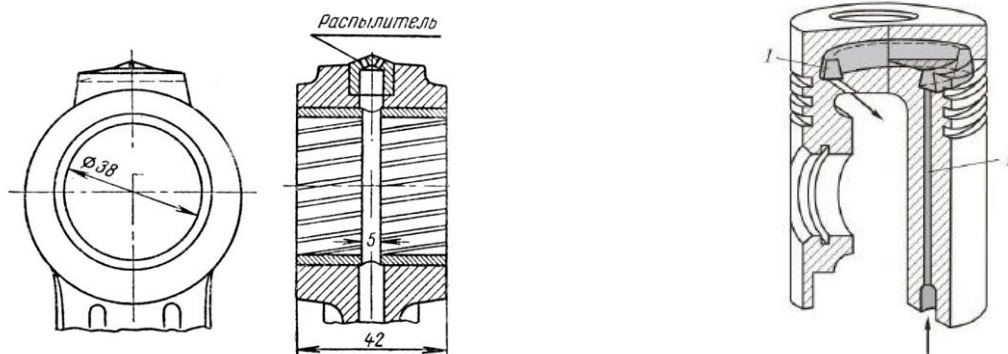
С увеличением уровня форсирования двигателя температура кромок камер сгорания растет, достигая предельных значений для алюминиевых сплавов. Для повышения термостойкости кромки камеры сгорания армируют жаропрочным материалом, а также применяют напыление керамического материала на поверхности поршня, которые соприкасаются с горячими газами.

Эффективное упрочнение материала поршня из алюминиевого сплава достигается добавлением коротких керамических волокон оксида алюминия размером до 1 мм. Для устранения пористости материала, связанной с введением керамических волокон, применяют литье под давлением (до 100 МПа), что улучшает процесс кристаллизации, усиливая прочностные свойства материала.

Для снижения температуры верхней части поршня, в том числе в зоне первого поршневого кольца, предусматривают масляное охлаждение днища поршня. В малофорсированных двигателях охлаждение осуществляется масляным туманом.

При умеренных уровнях форсирования двигателя охлаждение днища поршня осуществляется разбрызгиванием масла, которое подается через стержень шатуна в верхнюю головку. Однако при увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя эффективность охлаждения с подачей масла через шатун снижается, поскольку усиливается влияние центробежных сил. При возрастании среднего эффективного давления в

транспортных дизелях свыше 1,0 МПа такой способ охлаждения поршней становится малоэффективным. В быстроходных двигателях более интенсивное охлаждение достигается подачей масла через специальную форсунку, неподвижно установленную в картере двигателя. Масло из форсунки в виде струи подается на внутреннюю поверхность поршня. Можно усилить охлаждение, предусмотрев в поршне специальную кольцевую полость в днище. В кольцевую полость масло попадает через форсунку, установленную в картере двигателя соосно с вертикальным сверлением (каналом) в теле поршня (рисунок 4).



подача масла через верхнюю головку шатуна

схема охлаждения поршня с кольцевой полостью:  
1 - кольцевая полость; 2 - подводящий канал

Рисунок 4 - Способы охлаждения поршня маслом

В современных автотранспортных дизелях с высоким максимальным давлением сгорания наряду с монометаллическими поршнями из легированной стали или чугуна (рисунок 5) применяют составные поршни. Корпус поршня выполняют из алюминиевого сплава, а головку - из жаропрочного материала, например из легированной стали или чугуна (рисунок 6).



Рисунок 5 - Стальной поршень



Рисунок 6 - Составной поршень

Соединение головки и корпуса поршня осуществляется по-разному. Наряду с резьбовыми элементами крепления используют шарнирное соединение головки и юбки через поршневой палец (рисунок 6). Такая конструкция иногда называется поршнем с качающейся юбкой, которая воспринимает боковую нагрузку и в значительной степени изолирована от тепловых потоков, передающихся со стороны камеры сгорания. Наличие масляной полости обеспечивает приемлемую температуру стальной головки, включая зону первого поршневого кольца. Следует отметить высокий уровень переменных механических напряжений в элементах, соединяющих опоры поршневого пальца с головкой поршня.

Вследствие интенсификации охлаждения поршня маслом растут непроизводительные потери в систему охлаждения двигателя. В некоторых конструкциях для надежной работы цилиндропоршневой группы применяют составные поршни, в которых используют термоизоляцию между головкой и направляющей частью. Следует отметить, что при повышении температуры стенок камеры сгорания уменьшаются жесткость процесса сгорания и тепловой поток от газа в стенки.



В последнее время все больше уделяется внимание двигателям с уменьшенным отводом теплоты в стенки камеры сгорания, в том числе и в днище поршня. Такие двигатели иногда называют адиабатными. Для блокирования тепловых потоков из головки поршня в алюминиевый корпус между этими элементами ставят тепловые экраны. При этом температура зоны поршневых колец и самого корпуса поршня оказывается на приемлемом для нормальной работы уровне. В опытных вариантах конструкций прорабатывалось применение конструкционных керамических материалов (например,  $Si_3N_4$ ,  $ZrO_2$  и др.) для головки поршня.

В заключение можно отметить, что конструкции и технологии изготовления поршней современных автотранспортных дизелей непрерывно совершенствуются. Поршни из алюминиевых сплавов по-прежнему остаются самыми распространенными конструкциями, однако активно ведется разработка более простых методов изготовления стальных, чугуновых и составных поршней.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андреев Ю.В., Свистула А.Е. Быстроходные дизели производства зарубежных стран: анализ конструкций, технические показатели. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. 161 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Т. IV-14/ Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др.; под общей редакцией А.А. Александрова и Н.А. Иващенко. 2013. 784 с.
3. Конструирование и расчет поршневых двигателей/ Н.Д. Чайнов, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков; под ред. Н.Д. Чайнова. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 536 с.

### «ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Баранов Алексей Сергеевич, к.т.н., доцент, [baranowas@mail.ru](mailto:baranowas@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье раскрыты особенности использования дизельных двигателей, в которых используется газовое топливо, описаны проблемы, с которыми сталкиваются те, кто эксплуатирует такие силовые установки. Предлагается способ смесеобразования и воспламенения топливовоздушной смеси в дизельных двигателях с помощью электрогидравлического эффекта, позволяющего использовать в качестве жидкости для воспламенения воду.*

**Ключевые слова:** двигатель, газовое топливо, топливная аппаратура, смесеобразование и воспламенение, электрогидравлический эффект.

**Актуальность.** Из двух основных групп двигателей внутреннего сгорания, получивших широкое распространение на транспорте, в силовых установках различных мобильных машин, в стационарных энергетических установках – с искровым зажиганием и с самовоспламенением топливовоздушной смеси от сжатия (дизели), двигатели второй группы имеют ряд преимуществ, основным из которых является более высокий коэффициент полезного действия. Поэтому для силовых установок средней и большой мощности преимущественно применяются дизельные двигатели.

В связи с возрастанием стоимости топлив нефтяного происхождения, повышением экологических требований к составу отработавших газов, в последние десятилетия внимание было обращено на использование газа в качестве топлива – сжиженный нефтяной пропан-бутан, компримированный или сжиженный природный газ – метан (КПГ или СПГ).

Следует отметить, что компоненты газового топлива по сравнению с бензиновым топливом обеспечивают пределы воспламенения, смещенные в сторону бедных смесей, что

повышает экономичность работы двигателей [1]. Поэтому исследования в этом направлении приобретают особое значение.

В двигателях внутреннего сгорания с искровым зажиганием применение газового топлива требует во многих случаях установки второй, независимой системы питания, использующей бензин совместно с газом, поскольку запуск и работа непрогретого двигателя затруднены.

В отличие от двигателей с искровым зажиганием, дизельные двигатели обладают рядом особенностей, затрудняющих применение газового топлива. Температура самовоспламенения метана составляет 650–680 °С, а температура в конце такта сжатия у дизелей в камере сгорания ниже на 200 – 300 °С. Необходимо использовать дополнительный источник тепла [1].

**Новизна.** В последние годы проявился интерес к применению электрогидравлического эффекта для смесеобразования в двигателях внутреннего сгорания. Электрогидравлический эффект — это способ преобразования электрической энергии в механическую, совершающийся без промежуточных механических звеньев, с высоким КПД. Впервые этот эффект был открыт и исследован Л. А. Юткиным. [3, 4, 5].

**Постановка задачи.** В 1898 году Рудольф Дизель предложил использовать для воспламенения газозвушной смеси подачу в камеру сгорания небольшого количества жидкого топлива, которое воспламеняется при более низкой температуре, чем газ. Этот способ стал применяться с 1930 года вначале для стационарных дизельных двигателей.

В настоящее время все газодизельные двигатели внутреннего сгорания используют такой способ смесеобразования. В газодизельном режиме двигатель в настоящее время работает на двойном топливе – дизельном и природном газе [1]. Такой двигатель имеет две взаимосвязанные системы питания – газовую и дизельную.

Для запуска двигателя и работы на минимальных оборотах холостого хода в камеру сгорания подается только дизельное топливо. С увеличением угловой скорости коленчатого вала и нагрузки в камеру сгорания начинает поступать газозвушная смесь и запальная доза дизельного топлива.

По имеющимся сведениям [1, 2] мощность дизельного двигателя, переведенного на газодизельный процесс, сохраняется, дымность отработавших газов снижается в 2...4 раза. Расход дизельного топлива при этом составляет 15...50 % от расхода при работе только на дизельном топливе.

К числу недостатков газодизельных двигателей можно отнести относительно высокую сложность топливной аппаратуры (два вида), недостаточно высокую эффективность, требующую применения дизельного топлива с соответствующей аппаратурой и снижающую расход дизельного топлива только на 50...85 %.

Выходом для решения возникшей проблемы может быть изменение применяемого вещества для воспламенения газа на более дешевое и упрощение топливной аппаратуры для подачи этого вещества в цилиндры двигателя.

Внимание исследователей привлекло использование электрогидравлического эффекта для улучшения процесса смесеобразования.

Было установлено, что под воздействием электрического разряда высокого напряжения в жидкой среде происходит дробление жидкости на мелкие капли и воспламенение горючих жидкостей. Главными факторами, влияющими на возникновения электрогидравлического эффекта, являются амплитуда и длительность прохождения разряда. Только достаточная величина указанных параметров способствует развитию в жидкости электрического пробоя. Также возникновению электрогидравлического эффекта помимо указанных факторов способствуют форма и крутизна фронта напряжения. Чем круче будет передний фронт напряжения, прикладываемого к разрядному промежутку в жидкости, тем выше вероятность возникновения электрогидравлического эффекта. Предложено применить это явление для обеспечения смесеобразования в двигателях внутреннего сгорания [3].

Исследования, проводимые в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова, показали, что при воздействии электрогидравлического разряда на многие жидкие вещества происходит их распыление и образование интенсивного воспламенения (рисунок 1, 2).



Рисунок 1 – Установка для реализации электрогидравлического эффекта



Рисунок 2 – Воспламенение воды с помощью электрогидравлического эффекта

Особый интерес представляет воспламенение пресной воды с определенными добавками. Как показали эксперименты, проведение электрогидравлического разряда, действующего на небольшое количество воды внутри цилиндра при положении поршня вблизи верхней мертвой точки, распыляет и воспламеняет порцию воды и вызывает воспламенение газовой смеси. Предполагается, что под действием разряда происходит разложение воды на кислород и водород, которые в дальнейшем образуют интенсивный фронт пламени, который может воспламенить газозвудушную смесь в цилиндре двигателя внутреннего сгорания.

Применение воды вместо дорогостоящего дизельного топлива может дать значительный экономический эффект.

Кроме того, как показали исследования различных авторов, при наличии даже небольшого количества водорода в камере сгорания способствует улучшению процесса

сгорания, повышает топливную экономичность, снижает содержание вредных примесей в отработавших газах.

**Результаты.** Применение топливной аппаратуры с электрогидравлическим эффектом в двигателях внутреннего сгорания стирает грань между двумя рассмотренными выше применяемыми в настоящее время типами топливной аппаратуры.

Появляется возможность использования более широкого диапазона моторных топлив, устраняются ограничения на величину степени сжатия двигателя и октанового числа топлива, снижаются требования к топливной аппаратуре.

**Обсуждение.** Один из вариантов способов смесеобразования и воспламенения рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления представлены в работе [4, 5].

Использование результатов исследований обеспечивает возможность повышения удельной мощности двигателей, повышения коэффициента полезного действия, уменьшение стоимости производства.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей. учебное пособие. 5-е изд. стер. Москва : Издательский центр «Академия», 2012. 160 с.
2. Золотницкий В.А. Новые газотопливные системы автомобилей / под ред. С.Н. Погребного. Москва : Издательский Дом «Третий Рим», 2003. – 64 с.
3. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Ленинград : Машиностроение. 1986. 253 с.
4. Пат. 2267015 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> , С1, F02B3/02. Устройство для смесеобразования и воспламенения рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания/Павлюк А.С.; заявитель и патентообладатель: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Заявка №2004120424/06; заявл. 02.07.2004; опубл. 27.12.2005. – 5 с.
5. Пат. 2382214 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> , С2, F02B3/02. Способ смесеобразования и воспламенения рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления/Павлюк А.С.; заявитель и патентообладатель: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Заявка №2008112633/06; заявл. 01.04.2008; опубл. 20.02.2009. Бюл. №5. – 9 с.

#### НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Валекжанин Александр Иванович, к.т.н., доцент, awalekjanin@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье изложены особенности нормирования расхода топлива для легковых автомобилей с учетом массы перевозимых пассажиров и багажа, приведены результаты расчета с применением программы расчет нормы расхода ГСМ для автотранспорта. Расчет нормы расхода ГСМ для автотранспорта.*

**Ключевые слова:** базовая норма расхода топлива, снаряженное состояние, легковой автомобиль, методические рекомендации Минтранса, скорректированная норма расхода топлива.

Учет и списание горюче-смазочных материалов в организациях, осуществляющих эксплуатацию автомобилей, производится по данным путевого листа, в котором отображается пробег автомобиля, на основании которого по существующим нормам рассчитывается нормативный расход топлива. Но расчетный расход топлива не всегда совпадает с фактическим расходом. Как правило, фактический расход часто бывает больше нормативного. Причинами повышенного расхода топлива могут быть неисправности системы питания, системы зажигания, трансмиссии, ходовой части, бортового компьютера, применение некачественного топлива, моторного масла, агрессивный стиль вождения,

ошибки в нормировании. В бухгалтерском учете организации будут учтены повышенные затраты на топливо, но их нельзя будет использовать для обоснования тарифов на перевозку и снижение налогооблагаемой базы для уплаты налогов. Но увеличение расхода топлива, связанное с неправильным нормированием, может быть учтено и для этих случаев. Рассмотрим более подробно нормирование расхода топлива для легковых автомобилей.

Расчет расхода топлива для легковых автомобилей производится по методическим рекомендациям, приведенным в распоряжении Минтранса РФ № АМ-23-Р от 14 марта 2008 года [1] с учетом введения изменений, изложенных в распоряжении Минтранса РФ № НА-80-Р от 14 июля 2015 года [2].

Нормативный расход топлива рассчитывается по формуле [1].

$$Q_n = 0,01 \cdot H_s \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot D), \quad (1)$$

где  $Q_n$  – нормативный расход топлива, л;

$H_s$  – базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100 км;

$D$  – суммарная относительная надбавка или снижение к норме, %.

$S$  – пробег автомобиля, км.

Базовая норма расхода топлива приводится с учетом снаряженного состояния автомобиля, которое, в соответствии с требованиями «Технического регламента таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств» [3] включает в себя массу комплектного транспортного средства с водителем без нагрузки. Но многие легковые автомобили, в частности автомобили такси, при существующей системе диспетчеризации перевозок, имеют небольшой холостой пробег в снаряженном состоянии. Но увеличение массы автомобиля приводит к увеличению расхода топлива. Базовая норма не учитывает увеличение расхода топлива при эксплуатации частично или полностью загруженного легкового автомобиля.

Увеличение расхода топлива можно учесть следующим образом. В методических рекомендациях Минтранса [2] приводится положение, согласно которому для марок и моделей автомобилей, не имеющих конструктивных отличий, но отличающихся от базовой модели массой, норма расхода топлива может определяться увеличением расхода до 2,0 л/100км бензина и до 1,3 л/100 км дизельного топлива на тонну увеличения массы автомобиля.

Определим скорректированную с учетом изменения массы норму расхода топлива для легковых автомобилей такси без поправочных коэффициентов, учитываемых формулой (1).

$$H_{SK} = H_s + A \cdot M_{\Pi} \quad (2)$$

где  $H_{SK}$  – скорректированная норма расход топлива загруженного автомобиля, л/100км;

$H_s$  – базовая норма расход топлива автомобиля, л/100 км;

$A$  – коэффициент, учитывающий вид топлива, (2,0 – бензин, 1,3 – дизельное топливо);

$M_{\Pi}$  – дополнительная масса, т.

В качестве примера выполним расчет расхода топлива по стандартной и скорректированной норме для автомобиля такси, выполняющего обслуживание авиапассажиров. В соответствии с требованиями ГОСТ 33987—2016 [4], масса одного пассажира для транспортных средств категории  $M_1$  принимается равной 75 кг, масса багажа одного авиапассажира в авиакомпании S7 – 23 кг [6].

В качестве автомобиля такси часто используется Toyota Camry 2.4 (4L-2,362-152-5M), базовая норма  $H_s$  равна 9,6 л/100 км, скорректированная норма составляет

$$H_{SK} = 9,6 + 0,098 \times 2 = 9,8 \text{ л/100 км}$$

В таблице 1 приведены данные по годовому пробегу автомобилей в г. Барнауле [4].

Таблица 1 - Справочные данные о среднегодовых пробегах транспортных средств

№ п/п	Территория преимущественного использования ТС: для юридических лиц - место регистрации ТС; для физических лиц - место жительства собственника ТС	Легковые ТС физических лиц	Легковые ТС юридических лиц (кроме такси) и ведомственные автобусы	Грузовые ТС	Такси - легковые ТС, микроавтобусы и автобусы
23	Алтайский край				
23.1	Барнаул, Бийск, Заринск, Новоалтайск, Рубцовск	16,0	24,0	55,0	80,0
23.2	Прочие города и населенные пункты	12,0	20,0	55,0	70,0

Нормативный годовой расход топлива без учета суммарной относительной надбавки или снижения составит

$$Q_n = 0,01 \cdot H_s \cdot S = 0,01 \cdot 9,6 \cdot 80000 = 7680 \text{ л}$$

Годовой расход топлива с учетом скорректированной нормы и без учета суммарной относительной надбавки или снижения составит

$$Q_n = 0,01 \cdot H_{SK} \cdot S = 0,01 \cdot 9,8 \cdot 80000 = 7840 \text{ л}$$

Дополнительное годовое количество бензина, затраченное на перевозку пассажиров, составляет 160 л или, в стоимостном выражении, более 7000 рублей.

Самым крупным таксопарком в г. Барнауле является такси «Город» с количеством работающих автомобилей около 300, имеются также 3-4 предприятия с количеством работающих автомобилей около 100. Даже с учетом того, что в этих предприятиях работают более современные и экономичные автомобили, дополнительные затраты на бензин составляют несколько сот тысяч рублей.

При использовании легкового автомобиля для командировочных поездок в салоне, как правило, находятся от одного до трех человек, не считая водителя. Максимальная дополнительная масса без учета багажа в этом случае составляет 225 кг. По приведенной выше методике при таких поездках и годовом пробеге 24000 км дополнительно будет израсходовано 108 литров бензина. В настоящее время разработаны и применяются системы автоматического контроля расхода топлива. Данные системы используют стандартную методику расчета и не учитывают изменение массы легкового автомобиля.

**Выводы.** Используя приведенную в статье методику определения расхода топлива легковых автомобилей с учетом загрузки легковых автомобилей и приведенных нормативных и справочных данных, можно определять нормативный расход топлива при обработке путевых листов, но уже с применением всех надбавок и снижений, предусмотренных в распоряжении Минтранса.

Значительные расхождения между нормативным и фактическим расходом топлива могут свидетельствовать о наличии неисправностей, применении некачественных эксплуатационных материалов, агрессивном стиле вождения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 N AM-23-p [https://turov.pro/wp-content/uploads/2019/12/rasporyazhenie-mintransa-s0005\\_1-5.pdf](https://turov.pro/wp-content/uploads/2019/12/rasporyazhenie-mintransa-s0005_1-5.pdf)
2. Распоряжение Минтранса России от 14.07.2015 N HA-80-p <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=257366>.

3. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств [https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n\\_19/tr-ts-0182011/](https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n_19/tr-ts-0182011/)

4. Справочные данные о среднегодовых пробегах транспортных средств (ТС) <https://base.garant.ru/70754306/16299f4c34ecc629cfca4846172b3229/>

5. ГОСТ 33987—2016 (<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293745/4293745311.pdf>)  
Провоз багажа и ручной клади в самолёте <https://avia.tutu.ru/2read/avia/+carryon>

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОКРАСКИ АВТОМОБИЛЕЙ

Капралов С.С., к.т.н., доцент, [kssmail@mail.ru](mailto:kssmail@mail.ru),

Сибирский государственный автомобильно–дорожный университет (СибАДИ),  
г. Омск, Россия

Шапошников Юрий Андреевич, д.т.н., профессор, [u\\_shaposhnikov@mail.ru](mailto:u_shaposhnikov@mail.ru)

Николайцев Д.А., студент, [nikolaytsev02@mail.ru](mailto:nikolaytsev02@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье изложены основные технологические процессы покраски кузова автомобиля и методы их совершенствования. Покраска элементов кузова включает: подготовку к покраске, снятие старой краски, антикоррозионную обработку, обезжиривание, грунтование, шпатлевание, нанесение лакокрасочных покрытий, применяемые окрасочные материалы, методики нанесения окрасочного материала, сушка лакокрасочных покрытий, применяемое оборудование и инструмент.*

**Ключевые слова:** автомобиль, кузов, лакокрасочные покрытия, антикоррозионная обработка, промывка, обезжиривание, фосфатирование, грунтование, шлифование, шпатлевка, покраска, сушка, окрасочная камера, краскораспылитель, распыление, инфракрасные лучи, конвекция.

Многолетний опыт эксплуатации автомобилей в различных условиях показал, что наиболее эффективными способами защиты от коррозии металла кузова является их качественная окраска и дополнительная противокоррозионная обработка. Технологический процесс покраски включает: обезжиривание, фосфатирование, грунтование, покраска.

Обезжиривание металлических поверхностей от масляных пятен, следов окисной пленки и других загрязнений осуществляется уайт–спиритом и др. Затем кузов обрабатывается моющим раствором при 50°...70 °С, 3...4 мин., после чего промывается деминерализованной водой и подается на операцию фосфатирование.

Фосфатирование осуществляется раствором на основе фосфатирующего концентрата (КФ-1 и др) при температуре 50°...55 °С, 3...4 мин. Затем – промывка кузова горячей водой и пассивирование хромовым ангидридом. В результате образуется фосфатная пленка толщиной 2...3 мкм, которая обеспечивает хорошую адгезию со слоем грунтовки и повышенную защитную способность против коррозии (при местном повреждении слоя коррозия не распространяется в стороны); не пропускает влагу, электрический ток.

Грунтование кузова, в заводских условиях, выполняется в два этапа. Первоначально электрофорезным грунтом при полном погружении. Грунт под действием электрического напряжения осаждается как на наружные (25...35 мкм), так и на внутренние поверхности кузова (17...25 мкм), затвердевает при 180 °С - 30 мин. Затем кузов промывают, продувают сжатым воздухом, раковины, потеки удаляют шлифовальными инструментами тщательно протирают. Вторичная грунтовка выполняется составом на алкидномеламино–формальдегидной основе с добавками эпоксидной смолы. На внутренние поверхности и в труднодоступные места наносится ручным пневмораспылением. Наружные поверхности грунтуют в электростатическом поле с помощью 18 центробежных распылителей, работающих в автоматическом режиме по специальной программе. Толщина пленки грунта 50...60 мкм. Режим сушки – 150 °С, 30 мин. Затем кузов шлифуется при обильном орошении водой (20°...25 °С).

Покраска кузова выполняется в окрасочной камере, внутренние поверхности красят ручным краскораспылением, наружные – автоматическим. Меламиноалкидная эмаль наносится в три слоя «мокрый по мокрому». Сушка при температуре 100°C – 30 мин. Толщина слоя краски 80...110 мкм.

Дополнительная антикоррозионная обработка (днище, ниши арок колес, закрытые полости, сварные швы и фланцевые соединения). Защиту днища и ниш арок производят противозумной мастикой после грунтования. Мاستику наносят безвоздушным распылением (1,0...1,5 мм), сушат одновременно с краской (100°C, 30 мин). Сварные швы, стыки и фланцевые соединения защищают мастикой, наносят шприцем-пистолетом. Мاستика и наложенные на пол салона резинобитумные прокладки полимеризуются до эластичного состояния в камере при температуре 130°C, 30 мин.

Ремонтная покраска на станциях технического обслуживания автомобилей (СТОА) выполняется по ТУ 37.001.1131-83 «Приемка, ремонт и выпуск из ремонта кузовов и кузовных деталей легковых автомобилей на предприятиях автотехобслуживания»:

- Устанавливают автомобиль на пост подготовки, промывают кузов водой.
- Снимают шпателем отслоившуюся краску. Производят мокрое шлифование окрашиваемых поверхностей. Если на панелях кузова есть коррозия, трещины, предшествующая окраска кузова – зачищают до металла.
- Промывают, обдувают сжатым воздухом, сушат в естественных условиях. Изолируют поверхности, не подлежащие покраске (плотной бумагой, клейкой лентой и т.п.).
- Устанавливают автомобиль (кузов) в окрасочную камеру (рисунок 1), обезжиривают и грунтуют участки, зачищенные до металла.

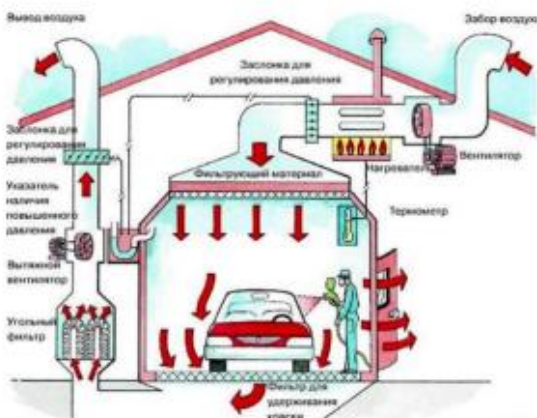


Рисунок 1 – Покрасочная камера

- Сушка при 90 °C – 1 ч, для отдельных панелей используют установку инфракрасного излучения типа ИФ-06.

- Производят мокрое шлифование грунтованной поверхности. Промывают кузов, обдувают сжатым воздухом, сушат при 20°C.

- Шпатлюют выявленные после грунтования дефектные участки поверхности кузова. Шпатлевку готовят непосредственно перед употреблением (то есть смешивают с отвердителем) - в таких количествах, которые можно успеть нанести шпателем на поверхность за 2...3 минуты.

- Шпатлевку обрабатывают крупной шкуркой до появления металлических площадок, при неровностях (нетронутые участки), вновь

наносит шпатлевку. Финишный слой обрабатывают мелкозернистой водостойкой шкуркой. Качественная шпатлевка не должна «плыть», то есть перемещаться под своим весом, и легко шлифоваться.

- Изолируют поверхности, не подлежащие покраске, обезжиривают окрашиваемые поверхности, грунтуют участки, зачищенные до металла, выдерживают 5...7 мин.
- Наносят два слоя эмали с промежуточной выдержкой 7...10 мин на внутренние поверхности кузова: дверные проемы, моторный отсек, внутреннюю поверхность крыши, багажника и т.д.
- Наносят три слоя эмали на наружную поверхность кузова с промежуточной выдержкой 7...10 мин. Снимают защитные кожухи с колес.
- Сушат окрашенный кузов при температуре 90 °C – 1 час, затем охлаждают, снимают защитную изоляцию.
- Красят щитки, стойки радиатора, кронштейны, пороги и т. п., сушка при 20 °C.
- Предъявляют кузов ОТК.



Сравнивая технологии покраски кузова на автозаводе и в автосервисе, становится очевидным, что даже на хорошо оснащенных СТОА самые важные стадии подготовки кузова не воспроизвести, что заметно отражается на качестве. Одна только катафорезная обработка с полным погружением кузова в ванну дает очень прочный слой грунта – влага, со временем проникающая под эмаль через трещины и сколы, не может добраться до металла. Многие лакокрасочные материалы сушат при высокой температуре (100...180 °С). На автозаводе это возможно, так как на голом кузове нет легкоплавких пластмасс и чувствительной электроники. Если автомобиль покрасить эмалью и высушить при требуемой температуре 130 °С, в салоне автомобиля появится скрип, а в системе впрыска топлива возможны сбои. Поэтому для ремонтной окраски применяют в настоящее время, в основном двухкомпонентные эмали, лаки. Благодаря отвердителям, акриловые смолы высыхают до высокой твердости при температуре от 20° до 60 °С. Кузов же можно красить более дешевыми однокомпонентными красками.

Рассмотрим некоторые лакокрасочные материалы, применяемые при покраске:

1. Нитроэмаль, отличается быстрым высыханием при температуре 20 °С, что делает ее привлекательной для ремонтных работ (слой - 10...15 мин).

Недостатки:

- прочность сцепления с металлом невелика, грунтовать обязательно;
- при напылении ложится тонким слоем. Чтобы получить толщину 0,1 мм, надо наносить 3...6 слоев, а то и больше. Тонкое покрытие быстро становится неопрятным: из-за негерметичности под ним появляются очаги коррозии;
- окрашенная поверхность получается не блестящей, полуматовой. Обязательно нужно шлифовать и полировать после суточной выдержки. Вместо полировки иногда опрыскивают растворителем, поверхность начинает блестеть (нужен опыт);
- механическая прочность невысока (хрупкость), срок службы 2...3 года;
- ремонтное пятно заметно даже при полном совпадении колера (подкраску следует доводить до стыков, швов).

2. Меламино-алкидные эмали: прочны, эластичны (уступают полиэфирным и полиакриловым эмалям), обладают высокой адгезией, дают отличный блеск естественным образом, без шлифовки и полировки. Но эти качества достигаются только при условии высокотемпературной сушки.

- Акриловые эмали: быстро сохнут (при 20 °С - через 30...40 мин, пыль не пристает, монтажная прочность – 4...5 ч; полное затвердение - в течение ночи. При температуре 60 °С – 25...30 мин); хорошо удерживают блеск; стойкость к любым атмосферным воздействиям; масло- и бензостойкость, благодаря чему надолго сохраняется внешний вид покрытия.

Недостатки:

- размягчение при повышении температуры;
- слабая кроющая способность;
- потребление большого количества разбавителя;
- большое количество слоев краски (4...5).

Режим покраски воздушным распылением: диаметр сопла – 1,6...1,8 мм; давление воздуха – 0,3...0,35 МПа, расстояние до поверхности – 15...20 см, слои наносят через 5...10 мин. Блеск окраски можно улучшить полировкой.

3. Металлизированные краски получают добавлением частиц (блесток) алюминия, бронзы и др. Толщина блесок: 1 мкм, диаметр – 60, 80, 100 мкм. «Металлики» первых поколений были однослойными - пленка эмали содержала частицы по всей толщине в 50 мкм. Позже «металлик» стали наносить слоями: 20 микрон основы с частицами алюминия и еще 50 - прозрачный лак. Двухслойное покрытие прочнее и долговечнее, поскольку лучше отражает ультрафиолетовые лучи, эмаль медленнее стареет.

4. Последнее достижение – эмали с эффектом перламутра. Их главный компонент – мельчайшие прозрачные пластинки слюды. Покрывая их по специальной технологии

окислами металлов, получают частицы, меняющие цвет в зависимости от угла зрения. У перламутровой эмали два или три слоя: белая или цветная подложка, слюда и лак.

#### 5. Полиуретановые эмали (красят грузовики, автоцистерны):

- очень высокая твердость, в том числе абразивная;
- очень высокая стойкость к воздействию растворителей (бензин, тормозная жидкость, кислоты);

- высокая кроющая способность;
- наносятся без особых затруднений и быстро высыхают;

#### Недостатки:

- нельзя наносить при низких температурах (ниже 20 °С) и при повышенной влажности.

Для нанесения грунтов и эмалей на кузова автомобилей применяют воздушное (пневматическое) и безвоздушное распыления, распыление в электрическом поле и окрашивание кистями. Во время окраски кузовов необходимо проводить работы по сушке, шпатлеванию, шлифованию и при необходимости полированию покрытия.

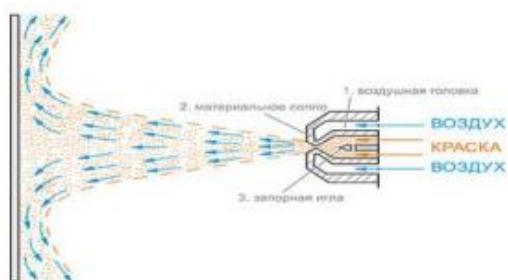


Рисунок 2 – Покраска воздушным распылением

При воздушном распылении (рисунок 2) сопло обуславливает форму и вид струи краски, тщательность распыления, количество сжатого воздуха, расходуемого краскораспылителем. Самые хорошие воздушные сопла - многоструйные. Давление сжатого воздуха при подаче краски самотеком или подсосыванием – 0,2...0,4 МПа.

Недостатки: большие потери краски, пожароопасность (красочный туман), необходимо иметь камеры с мощными отсасывающими устройствами и гидрофильтрами.

Различают следующие типы пневматических краскораспылителей:

- с подачей краски под давлением от прикрепленного под корпусом распылителя бачка (стаканчика);
- с подсосыванием краски от прикрепленного под корпусом бачка (стаканчика)
- с подачей краски самотеком (бачок 0,3...0,75 л прикреплен к верхней части корпуса);
- с подачей краски под давлением от отдельной системы (применяется для нанесения антикоррозионных, изоляционных покрытий).

Покраска при низком давлении с подогревом (50°...72 °С) обеспечивает снижение вязкости в результате действия тепла. Давление воздуха при окраске с подогревом является очень низким, не превышает 0,15 МПа, что значительно ограничивает количество



Рисунок 3 – Оборудование для безвоздушной покраски

отраженного и рассеянного красочного тумана. Благодаря этому значительно улучшаются условия труда, а экономия краски достигает в среднем 25 %. Появляется возможность применения более высоковязких красок, возможность нанесения более толстых лакокрасочных покрытий без подтеков. Разогрев краски электрическими водоподогревателями.

При безвоздушной покраске (рисунок 3) к распылителю краска подается под высоким давлением (15...20 МПа). В результате продавливания краски через отверстие сопла малого диаметра (Ø 0,007...0,052 мм) происходит разрыв потока краски на мельчайшие частицы.

Безвоздушное распыление характеризуется рядом преимуществ:

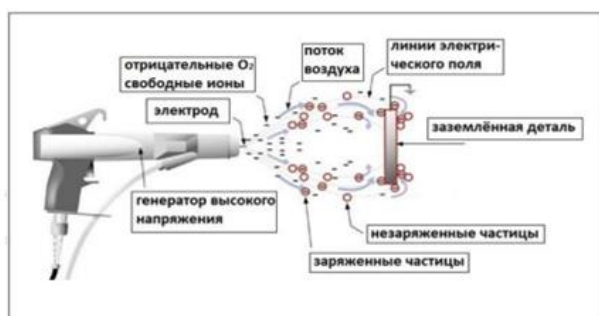
- позволяет применять очень высоковязкие краски без их разбавления;
- позволяет наносить в один прием покрытия большой толщины;
- почти полностью исключает образование красочного тумана;
- позволяет окрашивать поверхности с большими углублениями.

Недостатки:

- количество краски, выходящей из сопла, и ширину факела можно изменять только путем смены одного сопла на другое;
- из-за высокой производительности краскораспылителя окраска мелкогабаритных или же сложных по своей форме изделий очень затруднена или невозможна (образование подтеков);
- из-за очень малого диаметра отверстий сопел краска должна быть очень тщательно профильтрована;
- краскоподающие шланги должны выдерживать очень высокие давления, поэтому они довольно жестки (затрудняется манипулирование краскораспылителем).

Следует помнить, что под давлением 20 МПа краска обладает огромной пробивной способностью и ни в коем случае нельзя направлять краскораспылитель на себя или посторонних лиц.

Окраска распылением в электрическом поле (рисунок 4) сводит к минимуму потери краски и одновременно значительно повышает качество покрытий (особенно в отношении равномерности их толщины). В этом способе окраски использован известный принцип взаимного притяжения разноименно заряженных частиц. Согласно этому принципу, положительно заряженные частицы краски будут стремиться к осаждению на отрицательно заряженном (заземленном) изделии.



При помощи установки для окраски в электрическом поле можно наносить почти все лакокрасочные материалы, за исключением металлизированных красок (металла более 3%), а также водорастворимых красок, содержащих растворитель, обладающий очень большой электропроводностью (измеряется прибором).

Нанесение порошковых красок в электрическом поле производится при помощи сжатого воздуха. Распылитель выбрасывает поток электрически заряженной порошковой краски, которая, притягиваясь заземленным изделием, оседает на его поверхности. Полученное таким образом порошкообразное покрытие отвердевает путем оплавления и образует чрезвычайно плотное защитное и декоративное покрытие на поверхности изделия.

Положительные стороны:

- в ходе одной операции можно получить покрытие толщиной от 45 до 150 мкм, причем эти покрытия более стойкие к механическим повреждениям, чем покрытия, образуемые красками, содержащими растворители;
- благодаря системе рекуперации порошковых красок, полностью исключены ее потери;
- позволяет получать на острых кромках покрытия толщиной почти идентичной толщине покрытий на плоскости;
- полностью исключает загрязнение окружающей среды, исключает затраты на очистку окрасочных камер;
- позволяет значительно ограничить расход сжатого воздуха;
- позволяет значительно уменьшить расход электроэнергии и тепла;

- в связи с отсутствием легковоспламеняющихся растворителей значительно уменьшается возможность возникновения пожара.

При восстановлении местного лакокрасочного покрытия применяются аэрозольные баллоны (рисунок 5). Для грунтования небольших по площади, но глубоких дефектов покрытий рекомендуется также использовать грунтовку в аэрозольной упаковке. Эта грунтовка высыхает при температуре 20 °С за 15 мин. Кроме грунтовок, промышленностью выпускаются и лакокрасочные материалы в аэрозольной упаковке. Лакокрасочный материал в баллоне находится под давлением, создаваемым в нем сжатым (азот, углекислый газ и др.) или сжиженным газом (смеси фторорганических углеводородов и др.).



Рисунок 5 – Применением аэрозольных баллонов

Покраска завершается сушкой нанесенных на окрашиваемую поверхность лакокрасочных материалов. Режим сушки оказывает существенное влияние на качество покрытий, особенно тех, образование которых происходит в результате удаления растворителей и сложных химических процессов (алкидные, эпоксидные, полиуретановые и др.). Сушка может быть естественной и искусственной. Естественную сушку применяют в основном для быстросохнущих покрытий. Искусственная сушка производится: горячим воздухом (конвекционная сушка), инфракрасным излучением (терморadiационная сушка), индукционными токами высокой и промышленной частот, УФ-излучением и др.

Для быстросохнущих лакокрасочных материалов: нитроцеллюлозных, нитроглифталевых, перхлорвиниловых, поливинилбутиральных и других может применяться естественная сушка при температуре 18°...23 °С (не ниже 12 °С), относительная влажность воздуха не выше 65 %. Наличие достаточного воздухообмена предотвращает возникновение взрывоопасной концентрации паров растворителей.

Искусственная сушка (горячая, при температуре 60°...175 °С) применяется для лакокрасочных материалов, у которых формирование пленки обеспечивается химическим процессом полимеризации или поликонденсации. Искусственная сушка в зависимости от способа передачи тепла бывает конвекционная и терморadiационная. Первая заключается в нагревании окрашенных поверхностей горячим воздухом или продуктами сгорания в специальных камерах. Такая сушка приводит к образованию поверхностной пленки, препятствующей высыханию нижних слоев и испарению из слоя краски растворителя.

Терморadiационная сушка представляет собой сушку инфракрасными лучами, сущность которой состоит в поглощении излучения металлической поверхностью кузова. При этом металл нагревается вследствие перехода лучистой энергии в тепловую, возникает перепад температур между металлом и наружной поверхностью краски, где температура ниже. Терморadiационная сушка протекает в 1,5...2 раза быстрее конвекционной. Наиболее быстро сохнут покрытия черного, коричневого, голубого и зеленого цветов, медленнее сохнут серые и бежевые. Белые покрытия при сушке инфракрасными лучами желтеют.

Практически всем производителям удалось предложить рынку новый класс лакокрасочных покрытий, главная особенность которых - полная технологическая преемственность. Она заключается в том, что новые материалы не должны кардинально изменять привычных технологий покраски и требовать принципиально иного оборудования. То есть используются те же краскораспылители, с минимальной модернизацией покрасочных, сушильных камер и постов подготовки под покраску.

Автосервисы, применяющие новые материалы на водной основе, отмечают качество получаемого покрытия, простоту использования и хранения, отсутствие неприятного запаха, высокую скорость сушки. Даже самые сложные в использовании светлые «металлики» и «перламутры» легко наносятся без «облаков» и «яблочности».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марусина В.И., Гилета В.П. Ремонт транспортных средств: учебное пособие. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. 136 с.
2. Альтхаус Р. Автомобильные кузова: ремонт, уход, окраска. Москва : АСТ: Астрель, 2008. 206 с.
3. Дамшен К. Ремонт автомобильных кузовов. Москва : Книжное издательство «За рулем», 2007. 240 с.
4. Афонин С. Ремонт и окраска кузовов автомобилей. Батайск : ООО «ПОНЧИК», 2003. 140 с.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АММИАКА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В ТРАНСПОРТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Курманова Лейла Салимовна, к.т.н., доцент [leyla\\_kurmanova@mail.ru](mailto:leyla_kurmanova@mail.ru)

Карпенко Михаил Юрьевич, аспирант, [lokossl@mail.ru](mailto:lokossl@mail.ru)

Миронов Егор Сергеевич, студент, [egor.mironov.01@inbox.ru](mailto:egor.mironov.01@inbox.ru)

Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Россия

*В статье описывается возможность использования аммиака в качестве моторного топлива в транспортных энергетических установках. Приводится способ подачи аммиака в камеру сгорания дизеля по принципу внешнего смесеобразования. Необходимы дальнейшие исследования для отработки оптимальной точки подачи аммиака.*

**Ключевые слова:** автономный локомотив, дизель, внешнее смесеобразование аммиак.

Наиболее крупным потребителем углеводородного топлива в стране выступает транспортный сектор. Приоритетную задачу по обеспечению своевременных поставок для транспортных двигателей в настоящее время, а также и на перспективу при снижении расходов на его потребление возможно путем его замены менее дефицитным и более дешевым альтернативным топливом.

Положительное применение альтернативных топлив приводится научными коллективами во многих научных трудах. Например, в транспортном секторе среднеоборотных тепловозных двигателей много работ было проведено научными коллективами АО «ВНИИЖТ», АО «ВНИКТИ». Были проведены работы по проектам для конвертирования тепловозов 2ТЭ10Г, 2ТЭ116Г, ТЭМ2Г, ЧМЭЗГ, ТЭМ18Г для работы на газодизельный цикл, которые показали положительные результаты.

В настоящее время в соответствующих постановлениях Правительства РФ, а также в отраслевых нормативных документах говорится, что углеводородное топливо не бесконечно, запасов нефти по прогнозам стран ОПЕК хватит на ближайшие 50 лет, поэтому данный вопрос очень актуален. И актуальной становится задача внедрения безуглеродного альтернативного топлива.

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) является перспективным видом моторного топлива, его с уверенностью можно отнести к безуглеродной энергетике, так как он превосходит остальные виды по ряду преимуществ: безопасность, стоимость, гибкость производства и топливная взаимозаменяемость [2]

Одной из особенностей аммиака является высокое процентное содержание водорода. В одной молекуле аммиака содержится 3 атома водорода. С этой точки зрения аммиак является перспективным топливом по сравнению с водородом по причине того, что плотность аммиака в 1,7 раза выше, чем у жидкого водорода. Это обстоятельство является оптимальным с точки зрения эффективности хранения и транспортировки водорода. Также для транспортировки аммиака можно использовать те же емкости, что и для сжиженного газа.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что аммиаком можно не только подавлять вредные выбросы в отработавших газах, но и использовать его как топливо. Технология применения аммиака работоспособная, надежная, отработанная. Аммиак можно сжигать непосредственно в камере сгорания (рисунок 1). Также аммиак может использоваться непосредственно в качестве топлива в монотопливном или битопливном режимах.

Аммиак сохраняется в жидком виде при 0,86 МПа и 20 °С. Тем не менее давление в емкости стараются поддерживать на уровне 1,7 МПа, чтобы сохранить жидкое состояние аммиака при повышении температуры окружающей среды. Энергетическая ценность аммиака, хранящегося под давлением, составляет 13,88 МДж/л. Такой способ хранения не требует затрат энергии.

Имеется недостаток применения аммиака – это то, что он впитывает в себя влагу. Поэтому, если его подавать также, как и дизельное топливо, через штатные топливные насосы высокого давления (ТНВД) и форсунки, то это приведет рано или поздно к заклиниванию топливной аппаратуры. При штатной топливной аппаратуре аммиак подавать нельзя.

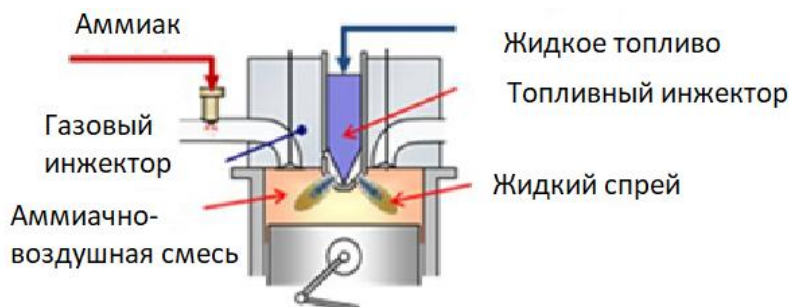
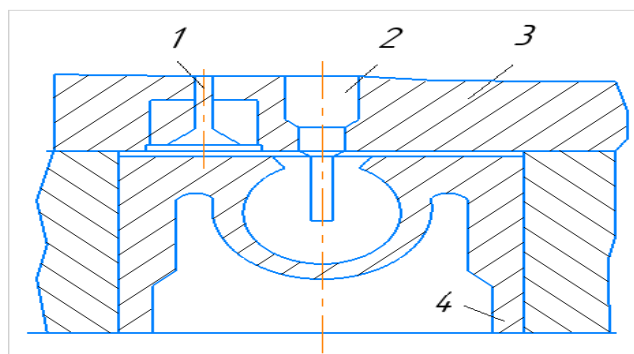


Рисунок 1- Смешанное сгорание аммиака в дизельном двигателе

Поэтому под аммиак необходимо выполнить внешнее смесеобразование. Достоинство применения аммиака заключается в том, что он загорается при очень большой температуре не 340-380 °С как дизельное топливо, а 640 °С. Таким образом, температура самовоспламенения аммиака намного выше, то есть его можно подавать вместе с воздухом в цилиндры и сжимать и при сжатии не будет детонации, потому что у него очень большое октановое число (ОЧ) 130 и он загорается при степени сжатия  $\epsilon=30-40$ . Поэтому, аммиак сам по себе воспламениться не может, нужна, например, мощная искра, как в форкамерах (рисунок 2).

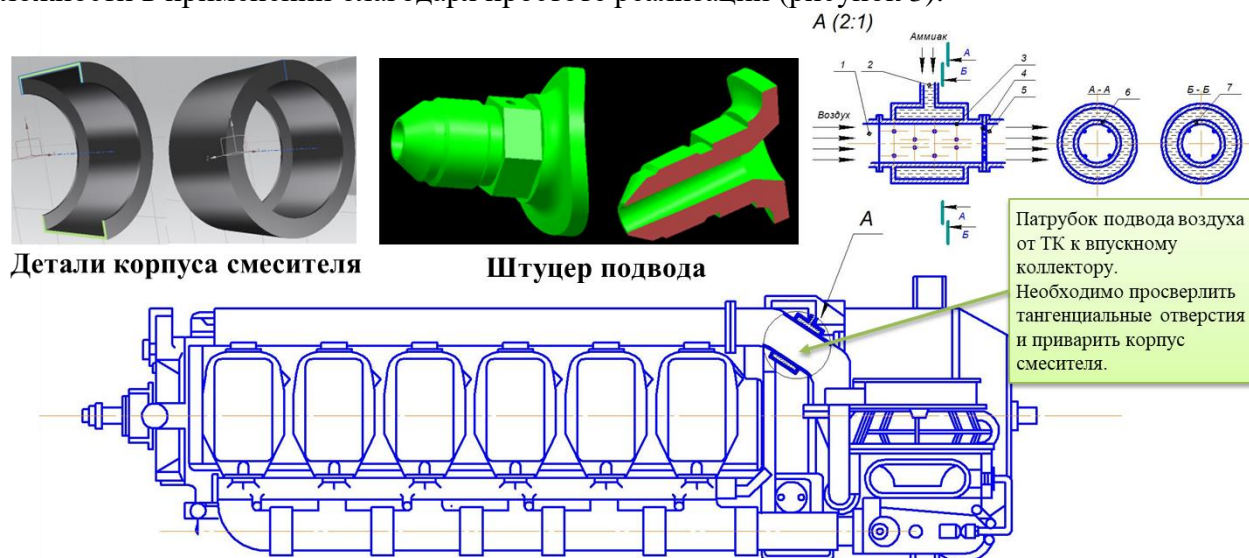
Или возможен второй вариант воспламенения от запальной порции дизельного топлива, как по принципу использования природного газа, который также не загорается от сжатия, имея высокую температуру самовоспламенения [4].



1-клапан; 2- свеча зажигания с удлиненными электродами, 3- головки цилиндров, 4 - поршень со сферической камерой.

Рисунок 2 - Камера сгорания поршневого двигателя для работы на аммиаке [3]

В конвертированных дизелях, аммиак подается по принципу сгорания запальной порции дизельного топлива от 15 до 30 %, получается факел, а в этот факел подается аммиак. В этом случае аммиак в факеле хорошо сгорает, когда есть поджиг, есть большая начальная температура горения, в таком случае аммиак сгорает очень хорошо, поэтому такая оценка приводят к тому, что аммиак необходимо подавать во входной коллектор вместе с воздухом [5]. Технология предусматривает частичную модернизацию впускного коллектора за турбокомпрессором: установку корпуса со штуцером подвода с образованием кольцевой полости, в которой выполнены тангенциально расположенные отверстия, после смешения аммиачно-воздушная смесь проходит через перфорированную решетку для гомогенизации и подается в цилиндры дизеля. Технология не требует высоких затрат и не представляет сложности в применении благодаря простоте реализации (рисунок 3).



Способ подачи аммиака в камеру сгорания дизеля по принципу внешнего смесеобразования заключается в том, что подачу аммиака осуществляют в горячий поток газа в полость выхлопной трубы, при этом необходимый расход аммиака определяется по результатам измерения концентрации оксидов азота и концентрации кислорода на выхлопе, а также по результатам измерения температуры, давления воздуха во входном коллекторе и частоты вращения коленчатого вала, по значениям которых, определяют расход выхлопных газов и по результатам измерений определяют концентрацию оксидов азота по формуле, описывающей схему химической реакции, после чего по заданной программе, разработанной с учетом результатов реостатных испытаний, выполняют расчет потребного расхода аммиака, который путем команды от контроллера дозируется клапаном-регулятором.

Преимуществом способа подачи аммиака в камеру сгорания двигателя является повышение эффективности очистки выхлопных газов от оксидов азота, путем исключения различных катализаторов и фильтров, которые дорогостоящие и имеют недостаточный ресурс работы.

Таким образом, для подтверждения данной теории, изложенной выше, требуются расчетно-вычислительные и экспериментальные исследования для отработки оптимальной точки подачи аммиака – за турбокомпрессором и перед турбокомпрессором.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Асабин В.В. Расчет эффективных показателей среднеоборотного тепловозного дизеля, работающего по газодизельному циклу / В. В. Асабин, Л. С. Курманова, С. А. Петухов [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2021. № 5(89). С. 50-56.
2. Климентьев А.Ю., Климентьева А.А. Аммиак – перспективное моторное топливо для безуглеродной экономики // Транспорт на альтернативном топливе. № 3 (57). 2017. С. 32-44.

3. Климентьев А.Ю., Климентьева А.А. Аммиак – перспективное моторное топливо для безуглеродной экономики // Транспорт на альтернативном топливе. № 4 (58). 2017. С. 17-27.
4. Курманова Л. С. Способы организации рабочего цикла в тепловых двигателях для работы на смеси дизельного топлива и природного газа // Вестник транспорта Поволжья. 2018. № 6(72). С. 108-114.
5. Фролов С.Г., Росляков А.Д. Уменьшение вредных выбросов транспортных дизелей путем нейтрализации оксидов азота // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. №3 (19). 2009. С. 138-142.

## БЕЗРАЗБОРНЫЕ МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ РАСХОДА МАСЛА В ДВС

Левин Виктор Филиппович, к.т.н., доцент, [vflevin@list.ru](mailto:vflevin@list.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье раскрыты проблемы расхода масла в ДВС. Проанализированы способы уменьшения расхода. Приведены эффективные безразборные методы уменьшения расхода масла.*

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, расход масла, кольца, закоксовывание, вентиляция, катализатор.

В любом двигателе даже высококачественное топливо сгорает не полностью. При этом незначительная часть бензина или дизельного топлива превращается во вредные отложения и кокс. Эти отложения вместе с продуктами сгорания масла, которое попадает в камеру сгорания, забивают канавки для колец и маслоотводящие отверстия в поршне (рисунок 1).



Рисунок 1 – Места вредных отложений на поршне

При большом количестве отложений составные маслосъемные кольца залегают в канавках. Упругости верхнего и нижнего маслосъемного скребка не хватает для плотного прилегания к цилиндру и полного снятия масла с зеркала цилиндра (рисунок 2).

При диагностике таких двигателей наблюдается псевдокомпрессия [1]. Это происходит из-за того, что масло не снимается с зеркала цилиндра маслосъемными кольцами, попадает на компрессионные и герметизирует их. Часть масла попадает в камеру сгорания. Образуется нагар на днище поршня, на клапанах и на стенках камеры сгорания. Это приводит к увеличению компрессии на 2-3 атм. по сравнению с новым двигателем.

При анализе состава выхлопных газов установлено, что в этих случаях содержание углеводородов достигает 300...450 частей на миллион при допустимых 100 частей на миллион на повышенных оборотах для легковых автомобилей и 200 частей на миллион для грузовиков. При этом и содержание СО выше нормативных (0,2 % на повышенных оборотах и 0,3 % при минимальной частоте коленчатого вала двигателя) [2].



*При эксплуатации двигателя с псевдокомпрессией* наблюдается большой расход масла, особенно на высоких скоростных режимах.



Рисунок 2 – Закоксованный верхний и нижний маслоъемный скребок

Самым радикальным методом при таком диагнозе является разборка двигателя, механическое удаление нагара и замена компрессионных и маслоъемных колец. Но этот метод дорогой, трудоемкий и долгий. Второй путь: раскоксовывание колец специальными растворителями вредных отложений без разборки двигателя. Эффективное раскоксовывание может быть только в том случае, когда нагар не превратился ещё в труднорастворимые отложения. Известно несколько технологий раскоксовывания.

Фирма BG для решения описанной проблемы рекомендует применять специальный стенд, стоимостью 40 тыс. рублей (рисунок 3).

Жидкость для раскоксовки в течение двух часов подается порциями в каждый цилиндр и каждые 5 минут подается импульс напряжения на стартер для проворачивания коленчатого вала. Но при этом два поршня на 4-х цилиндровом двигателе движутся только вверх, затем вниз. Другие два поршня – наоборот, сначала вниз, затем вверх.



Рисунок 3 – Стенд BG для раскоксовки двигателя

Многочисленные эксперименты на кафедре АиАХ АлтГТУ позволили разработать наиболее эффективный метод раскоксовки компрессионных и маслоъемных колец.

1. Прогревается двигатель до рабочей температуры.
2. Демонтируются свечи зажигания в бензиновом или форсунки в дизельном двигателе.
3. Выставляются поршни в среднем положении или близком к нему.
4. Заливается 40-50 мл раскоксовки в каждый цилиндр рядного двигателя, 60-70 мл в каждый цилиндр V-образного двигателя. На V-образных двигателях и оппозитных рекомендуется использовать пенообразующие раскоксовки.
5. Закручиваются б/у свечи или форсунки для образования «паровой бани» в камерах сгорания.
6. В течение двух часов проворачивается коленвал, поочередно, по часовой и против часовой стрелки, на 15-25 градусов для создания насосного эффекта на компрессионных и маслоъемных кольцах.
7. Оставляется двигатель неподвижным на 8-12 часов для лучшего растворения отложений.
8. Повторяется пункт 6 в течение 15 минут.
9. Производится продувка цилиндров сжатым воздухом для удаления остатков растворителя.
10. Запускается двигатель с выжатой педалью газа на 30 % и работает в течение 5-10 минут.
11. Заливается в маслозаливную горловину экспресс-промывка для дополнительной промывки системы смазки и повторяется пункт 10.
12. Производится замена масла и масляного фильтра.
13. В этот же день необходимо проехать 50 км с повышенными оборотами двигателя для лучшего освобождения поршневых колец, удаления нагара и продувки катализатора.

Немаловажным фактором для расхода масла является *система вентиляции картера*.

В патрубке отсоса картерных газов (расположен обычно на крышке клапанов) расположен обратный клапан. Он имеет дросселирующее отверстие для дозирования количества газов. При длительной эксплуатации автомобиля происходит загрязнение клапана и дросселирующего отверстия. Процесс вентиляции картера нарушается и наблюдается повышенный расход масла. Это можно наблюдать по повышенным масляным отложениям во впускном коллекторе после дроссельной заслонки. Решение этой проблемы заключается в регулярной проверке (через 10-15 тыс. км пробега) и очистке системы вентиляции картера.

Также на расход масла влияет *состояние трехкомпонентного каталитического нейтрализатора* (катализатора). При уменьшении пропускной способности выхлопных газов создается излишнее противодавление. Это приводит к течи масла через сальники, прокладки и расходу масла через маслоъемные колпачки.

Проверка пропускной способности катализатора проводится манометром, подключенным через переходник, вместо лямбда-зонда, установленного перед катализатором. Если давление выхлопных газов при минимальных (холостых) оборотах двигателя больше  $0,02 \text{ кг/см}^2$  или на оборотах коленвала 2000 об/мин больше  $0,21 \text{ кг/см}^2$ , то катализатор необходимо менять или удалять.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левин В.Ф. Псевдокомпрессия. Сборник тезисов и докладов 67-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава технического университета. Часть 1. Алт.гос.техн.университет им.И.И. Ползунова.- Барнаул : Изв-во АлтГТУ, 2009. С.57-58.

2. ГОСТ 33997-2016. Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки (введен в действие Приказом Росстандарта от 18.07.2017 N 708-ст).

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРЕДПУСКОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Матяш Сергей Петрович, старший преподаватель, Smataysh@yandex.ru  
Речкин Сергей Васильевич, старший преподаватель, Smataysh@yandex.ru  
Булаев Евгений Александрович, к.т.н., доцент, Smataysh@yandex.ru  
Новосибирский Государственный Аграрный Университет, г. Новосибирск, Россия

*В статье рассмотрены условия эксплуатации мобильных машин с дизельным двигателем в холодное время года. Отражены основные способы тепловой подготовки ДВС. Обоснован выбор использования электрического подогревателя системы охлаждения дизеля для обеспечения надежного пуска двигателя. Проведены экспериментальные исследования применения электрических подогревателей двигателя СМД-62 на эффективность тепловой подготовки и последующего пуска дизеля.*

**Ключевые слова:** электрический нагреватель, дизельный двигатель, отрицательные температуры воздуха, прогрев дизеля, пуск дизеля.

В холодное время года эксплуатация тракторов усложняется из-за низкой температуры окружающего воздуха. В зимний период значительно труднее запустить двигатель, особенно дизель. Понижение температуры окружающего воздуха способствует значительному увеличению вязкости моторного масла и крутящий момент, необходимый для проворачивания коленчатого вала дизеля увеличивается в несколько раз [1, 8].

Повышенная вязкость масла служит причиной более быстрого износа трущихся механизмов двигателя, трансмиссии и ходовой части тракторов.

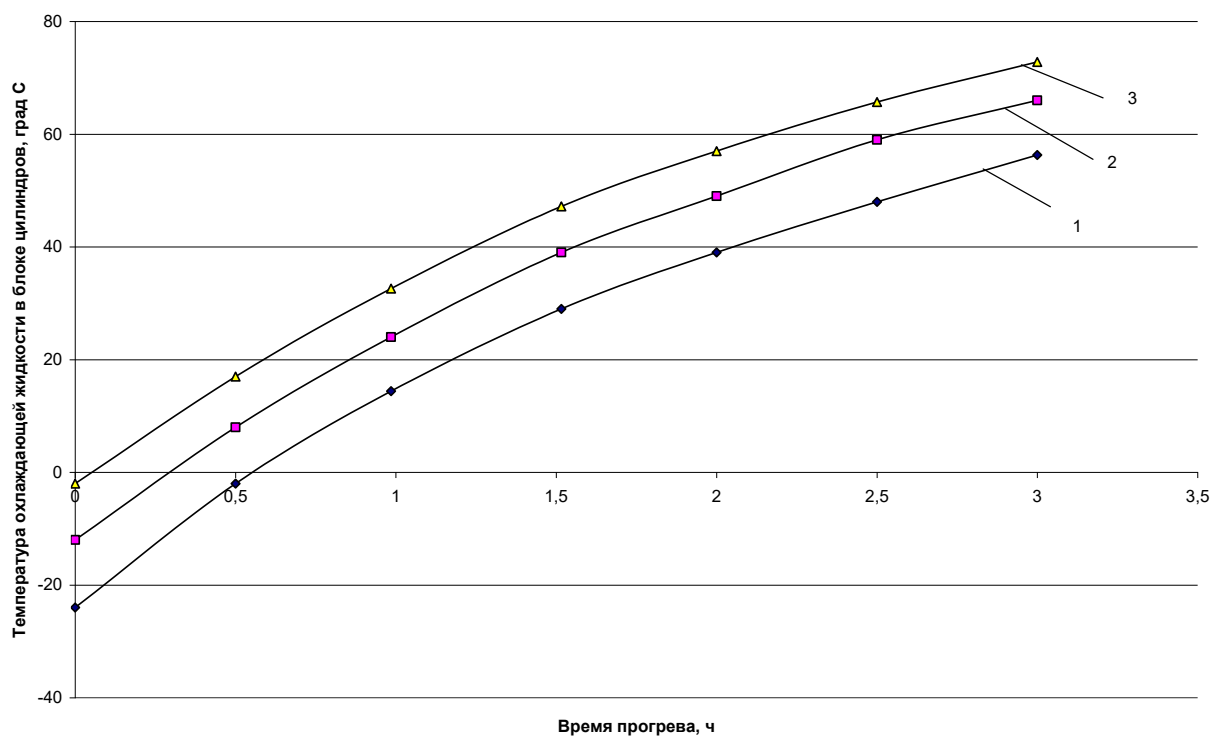
Вязкость дизельного топлива также существенно возрастает с понижением температуры окружающего воздуха, что сказывается на пуске двигателей. В летнее время на запуск дизельных двигателей затрачивается 5–10 минут. При более низких температурах на пуск дизеля затрачивается 30...60 и более минут [3, 5]. К тому же один пуск непрогретого дизеля приравнивается к 1...2 часам нормальной работы по износу трущихся поверхностей и расходу топлива и масел.

Пуск двигателя при положительных температурах не представляет особых трудностей, не вызывает значительных износов деталей и перерасходов горюче-смазочных материалов. Эксплуатация же техники в условиях низких температур характеризуется определенными трудностями, связанными с увеличением пуска двигателя. Для устранения этих трудностей часто при пуске дизелей прибегают к применению различных способов и средств облегчения пуска [2].

Наибольший практический интерес из всех способов и средств облегчения пуска для разогрева дизелей представляют электрические нагреватели разных типов. По методу превращения электрической энергии в тепловую они подразделяются на нагреватели сопротивлений, индукционные, радиационные, электронные [41]. В настоящее время наибольшее распространение получили нагреватели сопротивлений, которые изготавливают из проводников с высоким удельным сопротивлением. Применение электрической энергии для разогрева двигателей по сравнению с другими источниками тепла имеют ряд преимуществ, заключающихся в высокой надежности, широкой доступности, компактности нагревательных элементов и быстрого приведения их в действие, а также и в экономности разогрева.

Использование таких электронагревателей в качестве средств облегчения пуска дизелей в условиях отрицательных температур окружающего воздуха оказывает благоприятное влияние на их пусковые характеристики [7].

Для оценки влияния времени прогрева дизельного двигателя СМД-62 при разных отрицательных температурах окружающего воздуха имеется график, который представлен на рисунке 1.



1-при температуре -24°C; 2– при температуре -12°C; 3– при температуре -2°C

Рисунок 1 – График зависимости температуры охлаждающей жидкости в головке цилиндров от времени прогрева:

Пуск дизеля СМД-62 без применения средств облегчения пуска производился в интервале температур окружающего воздуха от +18 °С до -15 °С. Однако пуск этого двигателя практически возможен только до температуры окружающего воздуха -8 °С ...-12°C с одной, а иногда с двух попыток. Время пуска при этом составляло 550-570 с, а время выхода дизеля на устойчивую частоту вращения коленчатого вала находится в пределах 980...1000 с. Эти данные показывают, что продолжительность пуска и минимальная температура холодного пуска дизеля с помощью пускового двигателя П-350 не отвечает требованиям ГОСТ.

Дальнейшее понижение температуры наружного воздуха резко снижает пусковые качества дизеля. Если в цилиндрах двигателя и появляются через длительный промежуток времени вспышки, вызывающие выключение автомата редукторы пускового двигателя, но дизель глохнет и не выходит на устойчивую частоту вращения коленчатого вала двигателя [6].

На рисунке 2 приведена зависимость времени пуска от температуры окружающей среды. Из представленного графика видно, что время пуска с понижением температуры увеличивается. Так, например, при пуске дизеля в интервале температур от +28 °С до +15 °С время пуска составляет 1,5...34 с.

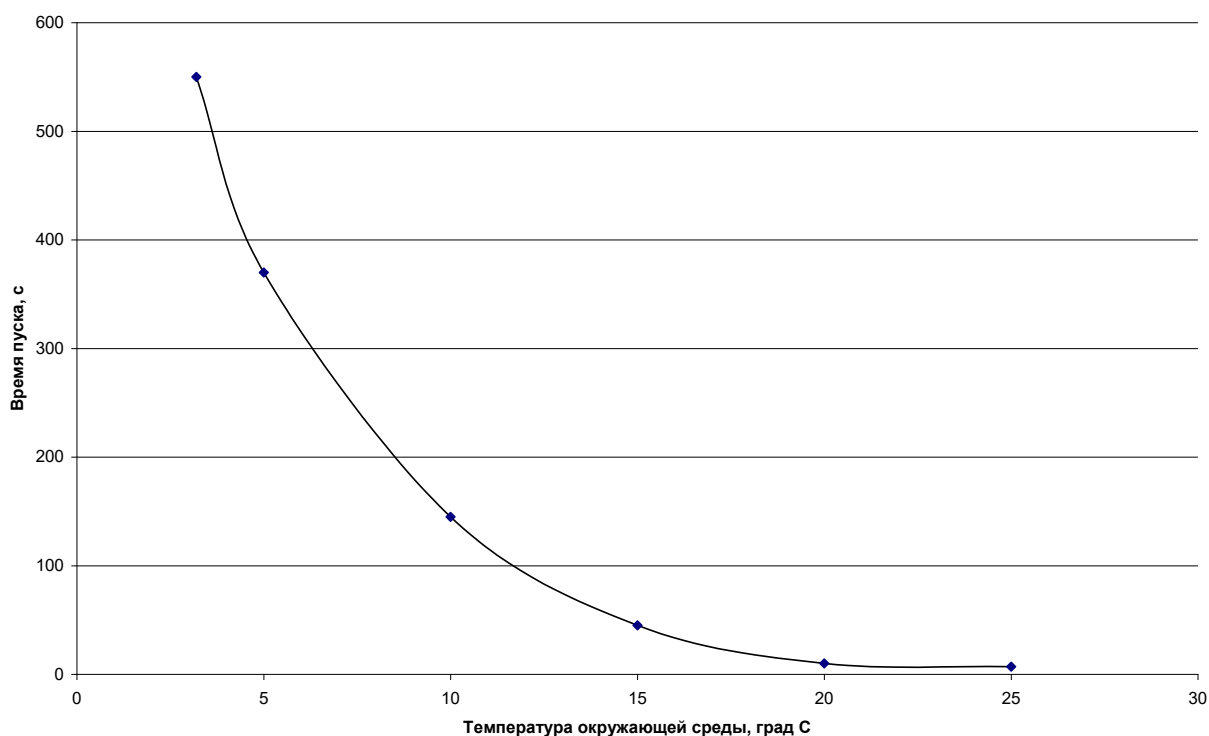


Рисунок 2 – График зависимости времени пуска от температуры окружающей среды, °С

Электронагреватель состоит из двух трубчатых электродов, изготовленных из нержавеющей труб диаметром 38 и 52 мм, соединенных между собой в верхней части распорным кольцом, изготовленным из винипласта, а в нижней части проходной клеммой. Пространство между электродами над распорным кольцом заполняется эпоксидной смолой.

Исследование пусковых характеристик дизеля при работе электронагревателей жидкости в течение одного часа проводились при температурах окружающей среды от  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Полученные данные показывают, что данный дизель при такой тепловой подготовке в интервале температур от  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  можно запустить сравнительно легко, в течение 2...50 с., а время выхода дизеля на устойчивую частоту вращения коленчатого вала при этом составило в среднем 34–1100 с. Более короткое время прогрева двигателя значительно ухудшило его пусковые качества, вплоть до невозможности запуска или вывода дизеля на устойчивую частоту вращения коленчатого вала.

Температура окружающей среды  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  оказалась предельной не с точки зрения невозможности пуска двигателя, а с точки зрения невозможности его выхода на устойчивую частоту вращения коленчатого вала. При работе электронагревателей жидкости в течение одного часа получается слабый прогрев дизеля и он очень трудно и продолжительно выходит на устойчивую частоту вращения коленчатого вала. Внешним признаком всего этого является сильное дымление, малая частота вращения коленчатого вала, сильные и частые, взрывного характера вспышки в выпускном коллекторе и выбрасывание топлива в выпускную трубу.

Наиболее приемлемым разогревом системы охлаждения дизельного двигателя от электрического нагревателя для улучшения пусковых качеств является время более двух часов.

В результате проведенных исследований определены минимальные температуры холодного пуска, время пуска и выхода дизельного двигателя на устойчивую частоту вращения холостого хода двигателя без применения нагревателей жидкости и с ним, а также максимальные температуры нагрева охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя, масла в системе смазки, температура воздуха во впускном ресивере и расход

электроэнергии через каждые полчаса, час, два и три часа работы электронагревателей жидкости дизеля, оборудованного последними при различных температурах окружающей среды и индикаторные показатели работы двигателя при минимальной температуре холодного пуска дизеля без применения средств предпусковой подготовки и с ними.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бережнов Н. Н., Сырбаков А.П., Корчуганова М.А. Повышение эффективности прогрева тракторных двигателей // Сельский механизатор. 2017. № 12. С. 12-13.

2 Ермаков С. В., Сырбаков А.П., Речкин С.В. Система предпускового разогрева двигателя д-240 с применением теплового аккумулятора // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. С. 177-179.

3 Корчуганова М. А., Сырбаков А.П. Средства обеспечения пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур // Вестник ИрГСХА. 2017. № 80. С. 134-142.

4 Корчуганова М. А., Сырбаков А.П. Экспериментальные исследования процесса электроразогрева картерного масла // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Томск, 21–23 мая 2015 года / Юргинский технологический институт; Ответственный редактор: Д.А. Чинахов. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. С. 460-463.

5 Пустыльников С. А., Сырбаков А.П., Корчуганова М.А. Повышение возможности пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. С. 240-242.

6 Сырбаков А. П. Улучшение пусковых характеристик дизельного двигателя в условиях отрицательных температур // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы" : Материалы IV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 25 июня 2020 года. Кемерово : Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. С. 27-31.

7 Сырбаков А. П., Матяш С.П., Бережнов Н.Н. Совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей в условиях отрицательных температур // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23–24 сентября 2021 года. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. С. 29-36.

8 Сырбаков А.П., Бережнов Н.Н., Корчуганова М.А., Матяш С.П. Тепловая подготовка дизельных двигателей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. № 8(178). С. 167-174.

## ОБЛЕГЧЕНИЕ ПУСКА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ ПОДОГРЕВА ТОПЛИВА

Панин Алексей Владимирович, к.т.н., доцент, paninbar@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрена проблема пуска дизельных двигателей в условиях экстремально низких температур. Приводится обзор методов облегчения пуска двигателей путем подогрева топлива, рассмотрены модели и конструкции используемых для этого устройств.*

**Ключевые слова:** низкотемпературные свойства топлив, отложение парафинов в топливной системе, затрудненный пуск двигателя, депарафинизация, подогреватели топлива.

Большая часть территории Российской Федерации находится в зоне холодного и умеренно-холодного климата. Эксплуатация в зимнее время в этих районах техники с дизельными двигателями сопряжена с рядом трудностей: затрудняется пуск двигателей, увеличивается расход топлива, снижается надежность, усложняется проведение ремонтно-профилактических работ.

Для надежного пуска дизелей в условиях экстремально низких температур огромную роль играют низкотемпературные свойства топлива. Групповой состав зимних дизельных топлив, в отличие от летних сортов, характеризуется избыточным содержанием парафинов нормального строения, обладающих хорошей воспламеняемостью. Однако при низких температурах эти парафины, кристаллизуясь и выпадая в осадок, забивают топливопроводы и фильтрующие элементы. Пуск двигателя при температурах ниже температуры застывания (этот показатель регламентируется стандартом на топливо ГОСТ 305-82) становится невозможным. Ситуация осложняется еще и тем, что поступление на АЗС зимнего топлива в осенне-зимний период запаздывает, продолжается поставка летнего топлива с высокой температурой застывания.

Для облегчения пуска двигателей при низких температурах существует ряд устройств:

1 Свечи накаливания (калильные свечи), электрофакельные подогреватели, электрические подогреватели впускного коллектора.

2 Жидкостные подогреватели, в которых нагрев охлаждающей жидкости происходит от электрического нагревательного элемента или тепловой энергии, получаемой при сгорании топлива в котле предпускового подогревателя.

3 Подогрев моторного масла электронагревателями и горячим воздухом (электрическими тепловентиляторами или тепловыми пушками).

4 Подогрев аккумуляторной батареи.

5 Применение пусковых или пуско-зарядных устройств.

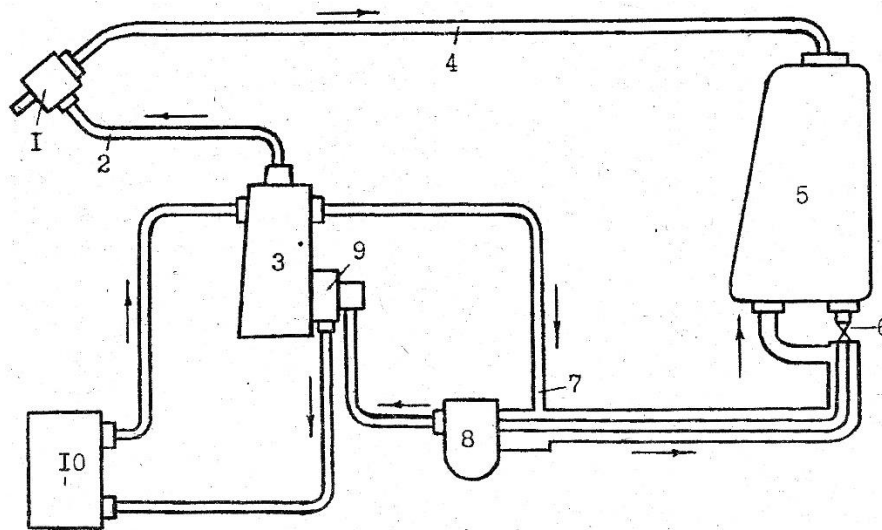
6 Применение устройств для подачи легковоспламеняющихся жидкостей (холодный пуск двигателя).

7 Автозапуск (для автомобилей с электронной системой управления двигателем).

Альтернативным способом облегчения пуска двигателя в зимнее время является использование устройств для подогрева топлива, устанавливаемых на топливные фильтры, магистраль либо в топливный бак. При подаче теплого топлива прогрев двигателя происходит быстрее, снижается нагрузка на форсунки и насос, двигатель в момент запуска испытывает меньшую нагрузку.

Чаще всего нарушение топливоподачи при запуске двигателя происходит на участке: топливный бак - топливопровод до фильтра грубой очистки - сам фильтр. В зимнее время практикуют утепление этих участков, используя специальную обмазку или утеплительные чехлы.

**Подогрев топлива в баках.** Известно простое приспособление для частичного подогревания топлива в баках тракторов [2], позволяющее использовать тепло излишков топлива, поступающего из головки топливного насоса (рисунок 1).



1 - форсунка; 2 - топливопровод высокого давления; 3 - топливный насос высокого давления; 4 - топливопровод слива топлива от форсунки в бак; 5 - бак; 6 - заборный штуцер; 7 - перепускной топливопровод; 8 и 10 - фильтры грубой и тонкой очистки; 9 - подкачивающий насос

Рисунок 1— Приспособление для подогрева топлива в тракторах [3]

Вместо топливопровода от бака до фильтра грубой очистки устанавливают двойную трубку, по внутренней части которой топливо поступает из бака в фильтр. Через наружную часть сдвоенной трубки топливо поступает непосредственно в бак. При этом снимают топливопровод для перепуска лишнего топлива к подкачивающему насосу.

На рисунке 2 приведена схема похожего варианта подогрева топлива, используемого на автомобилях МАЗ и КрАЗ [2]. Сливаемое по наружной трубке подогретое топливо очищает топливозаборник от парафинов, облегчая подачу топлива в двигатель через внутреннюю трубку

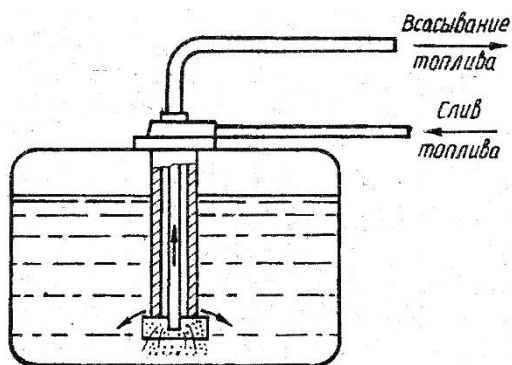
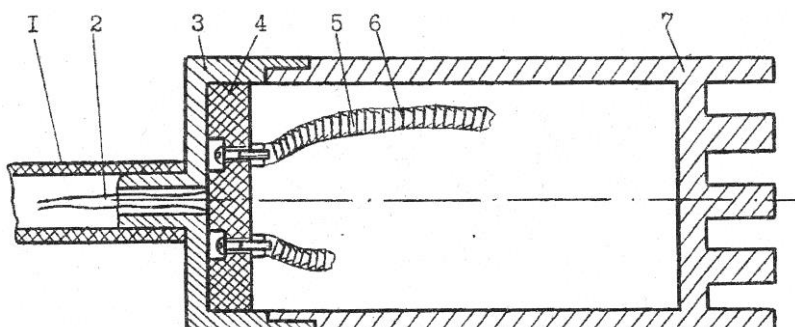


Рисунок 2 – Схема обогрева топливозаборника топливного бака автомобилей МАЗ и КрАЗ

На рисунке 3 показано приспособление для электроподогрева топлива в баке автомобиля [2].



1 - гибкая трубка; 2 - электропровод; 3 - крышка; 4 - прокладка; 5 - спираль; 6 - изолятор; 7 - корпус.

Рисунок 3 – Устройство для подогрева топлива электрической энергией



Подогреватели топливозаборника производятся компаниями Arctic Fox («Арктик Фокс») «Ивэль», «Номокон» и другими. На рисунке 4 показаны промышленные образцы подогревателей топлива в баке автомобиля фирмы «Номакон».



Рисунок 4 - Подогреватели дизельного топлива в баке фирмы «Номакон» (слева – подогреватель для установки в бак легковых автомобилей, модель справа - для баков больших емкостей (ставится в грузовики)



Рисунок 5 – Подогреватель топливозаборника ПЭДТ-3В-24-101 для автомобилей КамАЗ

Насадки топливозаборников подогреваемые НТП 101 фирмы «Номакон» устанавливаются на штатные топливозаборники. Предпусковой подогрев дизельного топлива и, соответственно, снижение его вязкости и депарафинизация перед пуском двигателя осуществляется электрическим нагревателем насадки, работающим от бортовой сети автомобиля. В процессе движения автомобиля насадка работает от генератора.

Существуют конструкции приспособлений для обогрева топливозаборников с использованием тепла охлаждающей жидкости. Перед запуском двигателя в течение 3-5 минут осуществляется электроподогрев фильтрующей сетки топливозаборника, а затем, после пуска и прогрева двигателя, топливо в заборных трубках подогревается горячей охлаждающей жидкостью, поступающей из радиатора отопителя кабины автомобиля. Такая конструкция сохраняет энергоемкость АКБ,

обеспечивая прокачиваемость топлива по всей топливной магистрали. Применение такого топливозаборника позволяет отказаться от промежуточных подогревателей.

**Проточные подогреватели топливопроводов** представляют собой специальный отрезок подогреваемой топливной магистрали, устанавливаемый в разрез штатного топливопровода.

Перед запуском двигателя подогреватель включается на 3–5 минут и подогревает находящееся в нем топливо. При запуске двигателя подогретое топливо поступает в фильтр, растворяя в нем кристаллы парафина, и обеспечивает нормальный запуск двигателя. Если в автомобиле другие подогреватели топлива отсутствуют, то при частичном засорении фильтра кристаллами парафина для его очистки можно включить на некоторое время подогреватель и при работающем двигателе.

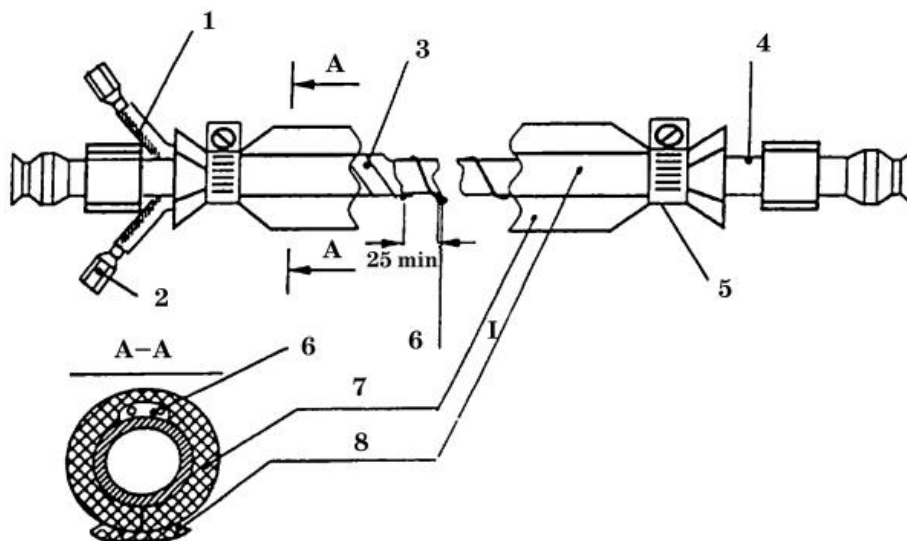
На рисунке 6 показан саморегулируемый подогреватель топливной магистрали «Термолайн» фирмы Otom, в котором



Рисунок 6 – Подогреватель «Термолайн»

обеспечивается автоматическое уменьшение потребляемого тока при его разогреве. Нагревательный элемент подогревателя – две параллельно скрученные медные шины, разделенные полимерным сердечником, содержащим графитовые частицы. При нагреве полимерный сердечник расширяется, его сопротивление увеличивается, потребляемый ток снижается. Саморегулирование повышает КПД подогревателя, исключается возможность его перегрева. Установка подогревателя производится простой заменой штатного отрезка топливопровода. Управление подогревателя осуществляется выключателем с переднего щитка автомобиля.

Подогреватель топливопровода компании «Ивэль» (рисунок 7) представляет собой набор компонентов для его самостоятельной сборки; устанавливается на штатный топливопровод без его разреза и снятия.



1 – провод электропитания; 2 – клеммный зажим; 3 – самоклеющаяся стеклотента; 4 – топливопровод; 5 – стяжной хомут; 6 – нагревательный элемент; 7 – теплоизоляция «Армафлекс»; 8 – самоклеющаяся лента

Рисунок 7 – Топливопровод компании «Ивэль»

В качестве нагревателя здесь применяется специальный кабель длиной около метра, навиваемый на выбранный для обогрева штатный топливопровод; шаг витков не менее 25 мм. Затем на навитый провод надевается теплоизоляция из трубчатого материала «Армафлекс». Собранный подогреватель заклеивается самоклеющейся лентой. Потребляемая мощность подогревателя составляет 25 Вт, его включение производится кнопкой, установленной на панели автомобиля.

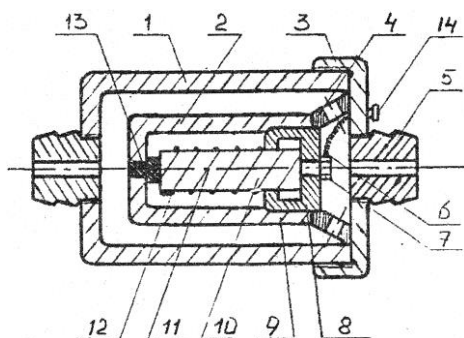
Проточные подогреватели топливной магистрали выпускаются многими фирмами: подогреватели ПП6-1, ПП6-2 компании «Номакон», Inlien компании Lucas («Лукас»). При расходе топлива в магистрали от 10 до 25 л/ч температура топлива повышается соответственно у ПП6-1 на 25–10 °С и ПП6-2 на 30–15 °С.

Подогреватели ПП6-1, ПП6-2 выполнены на основе саморегулирующейся ПТК-керамики. Подогреватель ПП6-2 дополнительно имеет электронную систему управления, автоматически включающую подогреватель при снижении

температуры топлива ниже +5 °С и выключающую его при превышении этой температуры.



Рисунок 8 - Подогреватели ПП6-1 фирмы «Номакон»



1-корпус; 2-капсула; 3-крышка; 4-опора; 5-штуцер; 6,13,14- клеммы; 7-гайка; 8-крышка; 9-паронитовая прокладка; 10-стойка; 11-электроспираль; 12 -"массовая" клемма.

Рисунок 9 – Схема устройство для подогрева топлива электроэнергией

Помимо промышленных образцов таких подогревателей, известны очень простые устройства (рисунки 10 и 11), использующие тепло охлаждающей жидкости или тепло отработавших газов.

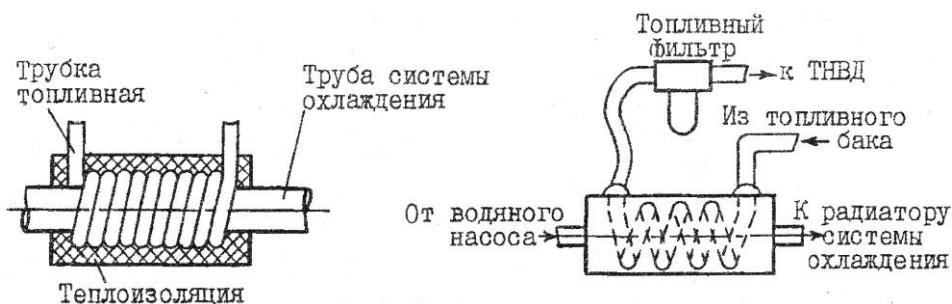


Рисунок 10 – Устройства для подогрева топлива, использующие тепло охлаждающей жидкости

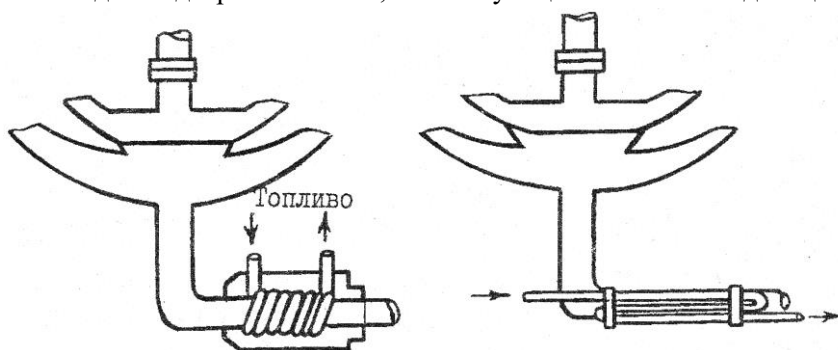
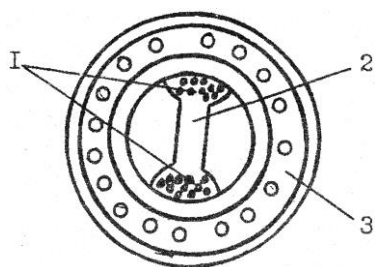


Рисунок 11 – Устройства для подогрева топлива, использующие тепло отработавших газов двигателя

Конструктивно более простой вариант, при котором подводящий и сливной топливопроводы размещают рядом и обматывают текстильной лентой или другим теплоизолирующим материалом.

Эффективно применение в системе питания топливных шлангов со встроенной электрической спиралью (рисунок 12).



1 - нагревательный элемент; 2 - изолятор; 3 - топливоподающий шланг

Рисунок 12 – Электрический нагревательный элемент, встроенный в топливный шланг

Для подогрева топливных фильтров используют **бандажные** конструкции в виде, широких браслетов (рисунок 13). Конфигурация позволяет установить его в любом месте расположения топливного фильтра: обычно это либо под капотом, либо возле бака. У многих грузовиков подогреватель установлен прямо на открытом месте, подогрев цепляется там же,



Рисунок 13 – Бандажный подогреватель топливного фильтра

устройство не боится влаги и грязи. Бандажная система предназначена только для алюминиевых фильтров, на пластиковые не устанавливается.

Водитель включает подогреватель топливного фильтра при помощи кнопки, выведенной в салон автомобиля. После предпускового прогрева в течение нескольких минут устройство автоматически отключается.

Для подогрева топливных фильтров, в том числе и с пластиковым корпусом, можно применять ленточные нагреватели,

при производстве которых используется силикон с особыми добавками для придания прочности и гибкости. Устройство представляет собой гибкую силиконовую ленту фиксированных размеров с герметичными выводами. Такие нагреватели используют и для обогрева топливной магистрали; лента прокладывается вдоль топливопровода, обжимается и крепится к поверхности топливопровода пластиковыми хомутами или клейкой лентой.

Наибольший эффект при эксплуатации транспортных средств в условиях экстремально низких температур окружающего воздуха (Арктика, Антарктида) даёт комплексное применение известных способов и средств облегчения пуска двигателей, наряду с применением специальных сортов топлив и масел.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крамаренко Г.В., Николаев В.Н., Шаталов А.И. Безгаражное хранение автомобилей при низких температурах : учебное пособие [для вузов]. Москва : Транспорт, 1984. 136 с.
2. Панин А.В. Безгаражное хранение автомобилей при низких температурах. Информационно-справочный материал по курсу «Техническая эксплуатация автомобилей в экстремальных условиях/ А.В.Панин; Алт. гос. техн. ин-т ун-т. И. И. Ползунова. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2014. – 84 с.
3. Семенов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур : учебное пособие [для вузов]. Москва : Транспорт, 1993. 190 с.

### ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОМПЛЕКС ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОЙ БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Ус Семён Сергеевич, аспирант, [magusus@mail.ru](mailto:magusus@mail.ru)  
Сури́н Роман Олегович, аспирант, [roman\\_surin81.81@mail.ru](mailto:roman_surin81.81@mail.ru)  
Кузнецов Евгений Евгеньевич, д.т.н., доцент, [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск, Россия

*Описан новый метод безразборной диагностики транспортных средств, основывающийся на применении кватернионного аппарата цифрового инклинометра для проведения диагностирования или эксплуатационных испытаний новых или модернизированных объектов машиностроения. Комплекс относится к высокоточным измерительным приборам, предназначенным для проведения безразборных испытаний, диагностики и оперативного контроля состояния сложных объектов и средств механизации в движении при автоматической фиксации показателей вибрационных измерений в короткие сроки.*

**Ключевые слова:** безразборная диагностика, цифровизация сельского хозяйства, инклинометр, кватернион, машиностроение.

В ходе движения агрегатов возникает необходимость регистрации одновременно нескольких параметров движения. Современным и перспективным средством фиксации

характеристик агрегата может быть определён цифровой инклинометр–прибор для измерения угла наклона, угловой скорости и изменения магнитного поля объектов относительно гравитационного поля планеты, с возможностью записи параметров по беспроводной связи при помощи *Bluetooth* или при помощи подключения через порт *USB* к персональной ЭВМ, который также показал значительную степень эффективности при проведении экспериментальных исследований по безразборной диагностике средств механизации сельского хозяйства.

При анализе работ как зарубежных, так и отечественных авторов, в которых описано применение непрерывных гироскопических инклинометров исключительно в целях повышения точности определения параметров буровых скважин, а также в медицине для определения подвижности суставов. Становится ясно, что применение кватернионного аппарата цифрового инклинометра для проведения диагностирования или эксплуатационных испытаний новых, или модернизированных объектов машиностроения, на современном этапе развития техники и технологий рассматривалось не в полном объёме, что подтверждает актуальность, новизну и доказывает перспективную востребованность инклинометрических приборных комплексов в производстве.

### **Методы**

Исследуемый инклинометр BWT901CL (рисунок 1) – мультисенсорное устройство позволяет обращаться к широкому спектру вариантов использования, интерпретируя данные датчика с помощью интеллектуальных алгоритмов. Датчик AHRS IMU.



Рисунок 1 – Цифровой инклинометр с указанием осей вращения.

AHRS – Attitude and Heading Reference Systems, относится к системам определения курса и пространственного положения.

На рисунке 2 изображена принципиальная схема комплекса инклинометрической безразборной диагностики средств механизации.

Комплекс инклинометрической безразборной диагностики изготовлен в виде комплекта, содержащего высокоточный цифровой инклинометр 1, установленный на исследуемом объекте 2 (узле, агрегате) в выбранной позиции 3 с наименьшими вибрационными колебаниями, объединённый проводной связью 4 с электронным устройством 5 в виде персональной электронно-вычислительной машины с установленным авторским программно-аппаратным обеспечением, предназначенным для автоматической фиксации экспериментальных параметров вибронагрузок объекта (узла, агрегата) в движении, передаваемых инклинометром, хранения, обработки поступающей информации и последующего её сличения с эталонными показателями методом формирования табличного варианта интервальных зависимостей и применением индивидуального пошагового алгоритма, и быстрого получения результатов в виде разрешения на дальнейшую эксплуатацию или рекомендации о направлении для ремонта объекта (узла, агрегата).

### **Результаты**

Предложенное устройство работает следующим образом:

При выполнении диагностики или испытаний, проводимых в ходе производственного использования проверяемых объектов, высокоточный цифровой инклинометр 1 комплекса инклинометрической безразборной диагностики средств механизации устанавливается на исследуемый объект 2 (узел, агрегат) в выбранной позиции 3 с наименьшими вибрационными колебаниями, рассчитанной для нового, полностью исправного, работоспособного объекта, объединённый проводной связью 4 с электронным устройством 5

в виде персональной электронно-вычислительной машины с установленным авторским программно-аппаратным обеспечением, предназначенным для автоматической фиксации экспериментальных параметров вибронагрузок объекта (узла, агрегата) в движении, передаваемых инклинометром 1, хранения, обработки поступающей информации и последующего её сличения с эталонными показателями методом формирования табличного варианта интервальных зависимостей и применением индивидуального пошагового алгоритма, и быстрого получения результатов в виде разрешения на дальнейшую эксплуатацию или рекомендации о направлении для ремонта объекта 2 ( узла, агрегата).



Рисунок 2 – Комплекс инклинометрической безразборной диагностики средств механизации

На рисунке 3 приведён пошаговый алгоритм получения экспериментальных показателей объекта при работе комплекса инклинометрической безразборной диагностики средств механизации.



Рисунок 3 – Алгоритм получения экспериментальных показателей

### **Обсуждение**

Технической задачей изобретения является обеспечение высокой точности измерений, автоматической фиксации экспериментальных показателей, их хранения и последующего сличения с эталонными показателями при выполнении диагностики или испытаний, проводимых в ходе производственного использования проверяемых объектов, быстрое получение результатов, невысокая трудоёмкость измерительных операций, конструкционная простота, надёжность и низкая стоимость комплекса, удобство при его установке и эксплуатации.

Техническим решением задачи является создание технологически и конструкционно простого, надёжного комплекса инклинометрической безразборной диагностики средств механизации, с низкой стоимостью, при невысокой трудоёмкости измерительных операций, проводимых в ходе производственного использования проверяемых объектов, обеспечивающего высокую точность измерений, автоматическую фиксацию экспериментальных параметров, их хранение и последующее сличение с эталонными показателями, быстрое получение результатов.

### **Заключение**

Использование данного изобретения, при его технологичности и конструкционной простоте, надёжности, низкой стоимости, невысокой трудоёмкости измерительных операций, проводимых в ходе производственного использования проверяемых объектов, обеспечивает высокую точность измерений, автоматическую фиксацию экспериментальных параметров, их хранение и последующее сличение с эталонными показателями, быстрое получение результатов, что приведёт к экономии энергозатрат, расширению функциональности применения современных цифровых средств фиксации кватернионных показателей инклинометра для проведения безразборных испытаний, диагностики и оперативного контроля состояния сложных объектов и средств механизации, и увеличит экономический эффект от его применения в сельском хозяйстве.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Применение цифровой инклинометрии при технической диагностике опор двигателя/ Ус С.С., Е.Е. Кузнецов//Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона»: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню Российской науки, Улан-Удэ, 04-10 февраля, 2021.- Изд. Бурятская сельскохозяйственная академия имени В.Р.Филиппова (Улан-Удэ).- 2021.- С. 117-120 [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_45753472\\_52761208.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_45753472_52761208.pdf)
2. Определение силовых параметров при работе тросового корректора машинно-тракторного агрегата (Программа для ЭВМ)/ Щитов С.В., Поликутина Е.С., Гончарук А.И., Кузнецова О.А., Слепенков А.Е.,Щитков А.Н., Ус С.С.// Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615367 Заявка № 2020611833 от 20.02.2020, Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21.05.2020
3. Дисперсионно-статистический анализ опорных реакций экспериментального транспортного агрегата/ Ус С.С, Щитков А.Н.// Молодёжь XXI века: шаг в будущее : Материалы XXI региональной научно-практической конференции, том 4 (Благовещенск, 20 мая 2020 г.). - Благовещенск : Изд.-во ДальГАУ, 2020. - С.170-171
4. Применение прикладного программирования при решении задач экономико-математического обоснования и моделирования технических средств и процессов технологического обеспечения сельскохозяйственного производства/ Ус С.С, Щитков А.Н.// Молодёжь XXI века: шаг в будущее : Материалы XXI региональной научно-практической конференции, том 4 (Благовещенск, 20 мая 2020 г.).- Благовещенск : Изд.-во ДальГАУ.- 2020.- С. 178-179
5. Применение цифровой инклинометрии для диагностики системы зажигания двигателя/ Ус С.С., Черноус М.В.//Молодёжь XXI века: шаг в будущее : материалы XXII

региональной научнопрактической конференции (20 мая 2021 года) – Благовещенск : Изд-во БГПУ, 2021. – С.827-828

6. Высокоточная цифровая инклинометрическая диагностика ходовой части легкового автомобиля/ Ус С.С., Черноус М.В./Молодёжь XXI века: шаг в будущее : материалы XXII региональной научнопрактической конференции (20 мая 2021 года) – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2021. – С.827-828

## ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА К ЗИМНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Федюнин Павел Иванович, канд. тех. наук, доцент, feduninpi@mail.ru  
Сырбаков Андрей Павлович, канд. тех. наук, доцент, sirbakovap@yandex.ru  
Таскаев Михаил Александрович, магистрант, feduninpi@mail.ru  
Новосибирский государственный аграрный университет, г.Новосибирск, Россия

*В статье приводится анализ способов и средств подготовки транспортного средства к работе в условиях отрицательных температур, оценивается влияние различных факторов на пусковые качества двигателей транспортных средств.*

**Ключевые слова:** транспортное средство, запуск, двигатель внутреннего сгорания, подогреватель, бензин, дизель, температура, силовая установка, зимние условия.

Зимний сезон особенно в условиях Западной Сибири характеризуется жесткими отрицательными температурами, которые усугубляются ветрами и осадками в виде снега.

Эксплуатация транспортных средств (ТС) в такой период сопряжена с серьезными трудностями, связанными с воздействием отрицательных температур, как на силовую установку транспортного средства, так и на его ходовые свойства. Также ухудшаются условия труда водителя, связанные с ограничением подвижности, распределением тепла по салону, снижением обзорности.

На практике в первую очередь обращают внимание на запуск двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Проблемы с запуском проявляются в том, что снижение окружающей температуры приводит к повышению сопротивления проворачиванию коленчатого вала, плохой испаряемости и воспламеняемости топлива, снижению стартерного тока холодной прокрутки [1].

Исследования показывают что при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$  емкость аккумуляторной батареи (АКБ) составляет от первоначальной 40 %, а сопротивление крутящего момента возрастает на 210 %. Для полностью заряженной батареи емкостью 50-60 А/ч ток холодной прокрутки находится в пределах 300-500 А. Если стартерный ток при  $+25^{\circ}\text{C}$  может достигать 400 А, то при  $-30^{\circ}\text{C}$  - 200 А и с каждой попыткой снижается [5].

Одним из конструктивных решений данной проблемы стало появление стартеров редукторного типа, которые работают при меньших токах. Еще одним способом сохранить стартерные параметры АКБ являются подогреватели (термокейсы с функцией сохранения тепла с помощью термоизоляционных материалов). Сопротивление прокручиванию связано в первую очередь с подбором моторного масла. Современные синтетические масла позволяют снизить сопротивление на коленчатом валу до приемлемых величин.

При холодной прокрутке бензинового двигателя его пусковые качества определяются составом горячей смеси и степенью испаряемости легких фракций бензина, которые хорошо испаряются при температурах от  $35^{\circ}\text{C}$  до  $200^{\circ}\text{C}$  [6].

Зимой может помочь так называемый «зимний» бензин с повышенным содержанием легких фракций.

В дизельных двигателях внутреннего сгорания воспламеняемость определяется температурой воздушного заряда и качеством распыла топлива, поэтому для улучшения пусковых качеств дизеля актуален разогрев и воздушного заряда и подаваемого топлива.



Существуют способы быстрого запуска двигателя с помощью применения легковоспламеняющихся жидкостей на основе эфирных масел подаваемых с воздушным зарядом.

Однако такой способ чреват повышенным износом базовых механизмов ДВС, в первую очередь кривошипно-шатунного механизма.

Опыт эксплуатации ТС в условиях севера показывает, что каждый запуск при температуре ниже +5 °С сокращает ресурс ДВС на 400-600 км [4].

Есть двигатели, в которых перед прокручиванием масло в подшипники коленчатого вала подается под давлением, но это крупные дизели и в массе транспортных средств такие системы не применяются.

Для предпускового разогрева двигателя применяют:

- подогрев моторного масла
- подогрев охлаждающей жидкости в системе охлаждения
- подогрев наружной поверхности двигателя.

Еще одной причиной затрудненного пуска зимой является необходимость увеличения пусковой частоты вращения коленчатого вала. Этот фактор наблюдается вследствие недостаточных температур заряда и ухудшенного смесеобразования.

В идеале двигатель желательно разогревать и снаружи, т.к. низкие температуры негативно влияют на приводные системы и механизмы, увеличивая их сопротивления, снижается надежность электропроводки и электроуправляемых устройств. Однако общий разогрев моторного отсека слишком энергоёмок и используется в основном как аварийный способ реанимировать замерзший автомобиль.

Для реанимации замерзшего автомобиля используют мобильные средства. Конечно же, для сохранения автомобиля в целостности лучший способ – это эвакуация и оттаивание в теплом боксе. Но это не всегда возможно. Щадящий для автомобиля способ разморозки – это термоодеяло на весь автомобиль и газовая или дизельная пушка в качестве источника теплоносителя (воздуха), но и в этом случае отогревается весь автомобиль, включая салон, стекла, замки и другие устройства, которые могут выйти из строя при попытке их использования при аномально низких температурах.

Чаще для размораживания ограничиваются только моторным отсеком, используя термопокрывало и тепловую пушку, причем лучше дизельную так как газовые могут иметь проблемы с розжигом уже при температурах ниже -20°С [2].

Наибольшее распространение получили более простые и эффективные устройства разогрева охлаждающей жидкости. Используют электроподогреватели с термосифонной системой распределения тепла, а также электроподогреватели с лопастными насосами, улучшающими циркуляцию охлаждающей жидкости и ускоряющими прогрев. Однако, используя только этот способ, остается не прогретым масло и АКБ, что не исключает повышенный износ при пуске и перегрузку батареи.

Необходимость предварительного разогрева двигателя обусловлена также снижением количества токсичных выбросов с отработавшими газами, так как в период пуска холодного двигателя доля выбросов токсичных оксидов углерода и углеводородов увеличивается в 3-5 раз [5].

Еще одним фактором безопасного движения ТС в зимних условиях является рабочее место водителя. Сюда относится и температура в салоне и обзорность, включая состояние лобового стекла и наружных зеркал заднего вида. Все эти вопросы решаются также тепловой подготовкой, в частности, подогревом сидений, рулевого колеса, зеркал и т.д.

Подогреватели и отопители делятся на автономные и неавтономные. Автономные применяют котлы на жидком или газообразном топливе и используются в основном для частичного либо комплексного подогрева силового агрегата и общего прогрева салона [7].

Неавтономные устройства используют электронагреватели от сети 220 В и могут быть более разнообразными по своим функциональным особенностям и по локализации мест теплового воздействия.

И те, и другие подогреватели могут не только включаться дистанционно, но и работать по определенному задаваемому алгоритму, связанному с началом включения (по времени или температуре), длительностью работы и режимом отключения.

Часто для легковых автомобилей используют режим автоматического запуска двигателя с ограниченным временем прогрева. Режим может определяться температурой окружающего воздуха или задаваться по времени. В случае неудачного запуска двигателя с 2-3 попыток электроника переведет систему пуска в режим ожидания.

Подготовка ТС к зимней эксплуатации не ограничивается средствами тепловой подготовки. Многие пользователи ТС, учитывая хорошие пусковые качества двигателей современных автомобилей, не уделяют внимание специальным способам или устройствам подготовки ТС к движению зимой, ограничиваясь автозапуском.

Однако есть еще одна проблема при движении автомобиля в условиях низких температур, это необходимость сохранения тепла и поддержание оптимального теплового режима силовой установки и комфортной температуры в салоне.

Так, например, на грузовых автомобилях АКБ обычно размещается на раме и остывает до температуры окружающей среды, а если эта температура ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ , то батарея практически не принимает заряд и после трудного запуска может при движении не восстановить свою ёмкость. В этих случаях есть необходимость в утеплении аккумуляторной батареи.

Необходимо также обратить внимание на моторный отсек, особенно у автомобилей с дизельным двигателем. Для сохранения рабочего температурного режима в этом случае используют защиту передней части моторного отсека от ветра, а сверху моторный отсек у автомобилей с капотной компоновкой укрывают одеялом. Могут также использоваться термокейсы для сохранения и поддержания необходимого температурного режима АКБ, установленный в подкапотном пространстве.

В условиях суровых зим в Сибирском регионе бывает недостаточно тепла, получаемого от штатного обогревателя салона. В этом случае его характеристики необходимо менять. Но это уже серьезные дополнительные доработки автомобиля.

Для понимания пользователям ТС, какие меры необходимы и достаточны для эксплуатации конкретного автомобиля в зимний период, необходимо учесть множество факторов:

- тип автомобиля;
- климатическая зона эксплуатации;
- условия хранения;
- режим эксплуатации (длительность поездки, длительность нахождения автомобиля на остановках/парковках, движение в городских условиях, движение вне населенных пунктах, плотность движения).

Далее разрабатывается алгоритм определения дополнительных способов и средств подготовки ТС к эксплуатации в зимний период.

По разработанному алгоритму подбирается перечень мероприятий, необходимых для конкретного транспортного средства в конкретных условиях эксплуатации.

Далее проводится мониторинг комплектующих элементов, необходимых для приобретения.

Следующим этапом является мониторинг сервисных центров для выбора места проведения работ по подготовке автомобиля.

В завершении всех мероприятий необходимо оценить их эффективность в условиях реальной эксплуатации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бережнов Н. Н., Сырбаков А.П., Корчуганова М.А. Повышение эффективности прогрева тракторных двигателей // Сельский механизатор. 2017. № 12. С. 12-13.

2. Калимуллин Р. Ф., Казаков А.В. Определение рациональных условий использования средств предпусковой тепловой подготовки автомобильного двигателя // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 10. С.82 -89
3. Коваленко С.Ю., Калимуллин Р.Ф. Эксплуатация автомобильных двигателей. Обеспечение долговечности на режиме пуска: монография. - Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, 2011. 115 с.
4. Техническая эксплуатация автомобилей : учебник для вузов / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов [и др.]. Москва : Наука, 2001. 535 с.
5. Найман В. С. Все о предпусковых подогревателях и отопителях. Москва : Изд-во «За рулем», 2007. 252 с.
6. Неговора А. В., Байрамов Р.А. Совершенствование системы предпусковой подготовки автотракторных дизелей в условиях низких температур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 5. С. 49-50.
7. Сырбаков А.П., Бережнов Н.Н., Корчуганова М.А., Матяш С.П. Тепловая подготовка дизельных двигателей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8(178). С. 167-174.

## ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КУЗОВА И РАМЫ АВТОМОБИЛЯ

Шапошников Юрий Андреевич, д.т.н., профессор, [u shaposhnikov@mail.ru](mailto:shaposhnikov@mail.ru)

[Миллер Павел Сергеевич, студент, pavel.miller.2003@mail.ru](mailto:pavel.miller.2003@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье изложены основные методы технологического процесса восстановления кузова и рамы автомобиля, способы их совершенствования. Ремонтные работы включают: прием в ремонт, подготовительные работы и дефектация, удаление старой краски и поврежденных элементов, устранение деформаций кузова и рамы, восстановление поврежденных элементов. Приводятся методы восстановления поврежденных элементов кузова и рамы.*

**Ключевые слова:** автомобиль, кузов, кабина, рама, узлы, детали, контроль, коррозия, деформация, разрушение, разборка, ремонт, штамповка, базовые точки, шаблон, разметка, ножницы, пила, резак, пост, подъемник, кондуктор, распорка, клепка, сварка, сверловка, рихтовка,

В мировой автомобильной практике считается, что средний срок службы легкового автомобиля составляет 12 лет, а срок службы автобуса ~ 10 лет. Регулярная комплексная противокоррозионная обработка позволяет продлить срок службы автомобилей. Стоимость кузова составляет 50...85 % от стоимости всего автомобиля (автобуса). Кабина и оперение грузового автомобиля стоят дороже таких агрегатов как задний мост. При капитальном ремонте только листового металла экономится, по сравнению с изготовлением нового кузова, примерно 75 % (в основном, Ст 08, НВ131).

Одной из наиболее трудноразрешимых проблем, возникающих при использовании несущих кузовов, является предохранение их от коррозии. Листовые конструкции, соединенные точечной сваркой, характеризуются наличием большого числа перекрытий и зазоров, защитить которые в достаточной мере от коррозии весьма трудно. Уже через 3...4 года эксплуатации на кузовах появляются коррозионные очаги, а через 5...6 лет начинается коррозионное разрушение несущих элементов конструкции кузова и, как следствие, потеря прочности кузова.

Для выполнения кузовных работ могут применяться как автомобиль в целом, так и кузов в отдельности. Перед приемкой кузовов в ремонт в случае необходимости проводят их мойку, в том числе снизу, чистку внутри и сушку. Кузова с аварийными повреждениями, в том числе с поврежденными заводскими номерами, принимают в ремонт только по предъявлении заверенной печатью справки с регистрацией аварии или повреждений,

полученных в результате стихийного бедствия (пожар и т. п.). Кузова как отдельные агрегаты принимают в ремонт только при представлении документов, подтверждающих законность их приобретения владельцами в магазинах розничной или комиссионной торговли. Приемку кузовов в ремонт осуществляют на посту, оснащенном подъемником автомобиля и контрольным инструментом и оборудованием

Дефектацию кузова и разборку выполняют в два этапа: предварительный и окончательный. Основная цель предварительного контроля - выяснить целесообразность ремонта узлов, деталей, подлежащих обязательному снятию с кузова (подушки сидений, стекла и т. п.). Окончательный контроль (постукиванием и визуально) и разборку выполняют после снятия старой краски. Кроме обнаружения дефектов, определяют виды ремонта и способы устранения имеющихся повреждений. В ремонт не принимают кузова при наличии сквозной коррозии по линиям соединения несущих элементов, а также со смещением более 30 мм двух или более контрольных точек (после пожара и т. п.) в основании кузова (при условии, что пол кузова в сборе не поставляется в качестве запасной части).

Ремонт кузовов, в зависимости от степени повреждения (деформации) и коррозионного разрушения, различают на следующие виды:

- выправление повреждений с площадью поверхности до 20 % в легкодоступных местах.
- выправление повреждений со сваркой или ремонт на площади деформированной поверхности до 50 %.
- выправление повреждений со вскрытием, вырезкой участков и сваркой, частичным восстановлением до 30 % площади поверхности.
- устранение повреждений частичным восстановлением деталей на площади поверхности свыше 30 %.
- замена поврежденной части детали кузова ремонтной вставкой из номенклатуры запасных частей или вновь изготовленной.
- крупноблочный ремонт, предусматривающий замену поврежденных частей кузова блоками с разметкой, отрезкой, подгонкой, вытяжкой, рихтовкой, сваркой.

В зависимости от состояния кузова и его элементов, требующих ремонт, выполняют частичную или полную разборку. Необходимо учитывать, что при удалении некоторых узлов может произойти нарушение геометрических размеров кузова (например, при замене панелей боковины и центральных стоек и т. п.). Принимают меры для устранения нагрузки от собственной массы, в проемы устанавливают соответствующие кондукторы или специальные распорки.

Для удаления крепежных элементов, неподдающихся отвертыванию, применяют следующие способы:

- нанесение на резьбовую часть соединения проникающей смазки (керосин, Унисма, WD-40 и другие), через 5...10 мин отвертывают гайку;
- нагревают гайку (или винт, например, петель дверей) пламенем и отворачивают ее в нагретом состоянии или срезают пламенем головку болта или винта;
- откусывают болт с гайкой кусачками или отрезают ножовкой;
- отрубают гайку зубилом, для чего под одну грань гайки подставляют стальную болванку и с помощью зубила и молотка подсекают противоположную грань до резьбы болта. Надрубленная гайка легко снимается. Иногда болты малого диаметра отрубают вместе с гайкой;
- сверлят в головке болта, шурупа отверстие диаметром равным диаметру стержня, предварительно накернив головку. После сверления головка отпадает, а стержень выбивают бородком или удаляют после снятия детали.

Несъемные элементы кузова, панели вырезают ручными, электрическими, пневматическими пилами, ножницами, газовыми резаками или срубают зубилами. Перед выполнением работ по удалению поврежденных элементов кузова производят разметку границ удаляемого участка.

Линии разметки наносят чертилками, карандашом следующими способами:

- по отсчету от базовых точек (на пересечении характерных линий деталей);
- по шаблону (изготавливают из старых панелей или картона);
- по ремонтной детали (после удаления поврежденного участка накладывают готовую ремонтную деталь, по кромке которой наносят линию разметки).

Основными видами ремонтных работ кузова являются:

- косметический ремонт;
- восстановление отдельных частей и деталей;
- стапельные работы.

К первым видам работ относятся шпатлёвка, покраска и полировка. Косметический кузовной ремонт применяют при незначительных повреждениях (сколы или царапины). К восстановлению отдельных деталей прибегают при повреждениях основания кузова, устранения вмятин, порывов, коррозии. Ремонтные работы для восстановления геометрии кузова выполняются на стапелях (рисунок 1).



Рисунок 1 - Стационарный стапель

Устранение деформаций кузова на постах и стендах, а также с помощью растяжек, устранение деформации выполняется с учетом остаточного напряжения элементов кузова. После штамповки в листовом металле возникают напряжения растяжения или сжатия, удерживающие форму штампованной детали. Если удар очень сильный, то металл вытягивается. Вокруг деформированной зоны создается граничный пояс, в этом месте металл подвергся наибольшей вытяжке.

Восстановление формы деформированной поверхности включает в себя две основные операции: выколотку и выравнивание (рихтовку). Для придания поврежденной части формы, близкой к ее первоначальной, применяют выколотку. Воздействие давлением начинают с жестких элементов от граничной кромки в направлении центра вмятины. Выколотку производят прессом или молотком, с помощью домкрата или рычага. Профиль наковаленок выбирают схожим с профилем детали перед деформацией. Применяемые ударные инструменты не должны вызывать удлинение листа. В случае ремонта съемного элемента его легче снять и выполнить работу на верстаке (двери, капоты, крылья некоторых автомобилей). Кроме киянок, применяют рифленные молотки (кувалды), рабочая поверхность которых подобна поверхности напильника, в меньшей степени вытягивающие металл, за счет создания сжатия металла. Рихтовка является завершающей (отделочной) операцией обработки листовых деталей. Для этого применяются молотки, гладилки, и молотки-кувалды (рисунок 2). Наибольший результат достигается при рихтовке легкими, частыми ударами с малой вытяжкой металла.

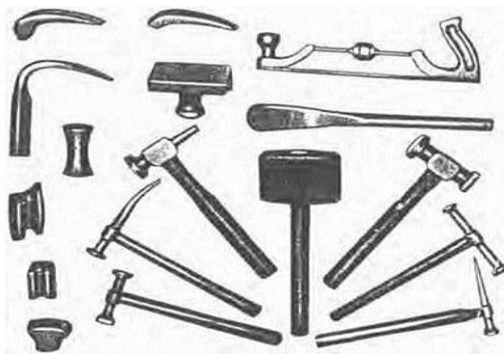
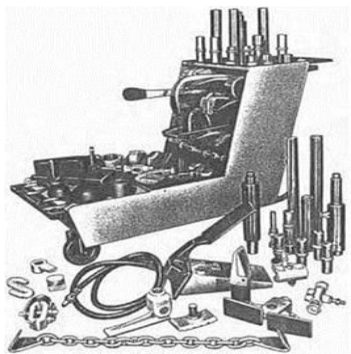


Рисунок 2 - Набор рихтовочного инструмента

Качество выполненных работ проверяется визуально и с использованием контрольного инструмента. При наличии на поверхности впадин, выполняют повторную рихтовку с каждой стороны на ремонтном участке. При наличии на поверхности выпуклости стягивают металл путем его утолщения. Достигают это нагреванием небольших участков круговым движением по металлу ацетиленокислородной горелкой или электродами (для мягкой стали ~ 700 °С). При охлаждении металл, сжимаясь, поглощает небольшую часть удлинения окружающего металла.

Если необходимо осуществить дополнительные точечные нагревы, то следует их делать не более двух, трех между каждым охлаждением. Рихтовка с применением точек усадки требует опыта, приобретаемого в результате постоянной практики. Гораздо легче проводить такие работы на выпуклых деталях, чем на почти плоских панелях.

Основными дефектами рам являются: трещины, погнутость балок, ослабление заклепочных соединений, износ отверстий под заклепки.

Основная причина появления трещин - усталостное разрушение (80 %). Концентрация напряжений - у отверстий и заклепочных соединений. Для разрушений, появляющихся в результате статических и динамических нагрузок, характерно пластическое деформирование вблизи излома (например, разрыв отверстий под болты крепления передних буксирных крюков).

Разрушения поперечин рамы возникают от деформации кручения. По этой причине могут разрушаться и продольные балки в местах заклепочных соединений первой поперечины и поперечины буксирного крюка. Повреждения от изгибающих нагрузок: на полках продольной балки; на вертикальной стенке продольной балки. Погнутость продольных балок определяют по кривизне верхней полки (например, для КамАЗ допустимая погнутость - 2 мм на 1000 мм или 5 мм по всей длине). Как правило, продольные балки выбраковывают, если есть одна трещина, захватывающая более половины сечения, или три трещины - менее половины.

Индустриальный метод восстановления рамы предусматривает полную разборку с выполнением следующих работ: обезжиривание в горячем моющем растворе, полная разборка, дефектоскопия, восстановление элементов рамы, сборка продольных балок с кронштейнами, полная сборка и покраска.

Для разборки заклепочных соединений применяют пневматические рубильные молотки, газовую и воздушно-дуговую резку. Срубание пневмомолотком головок заклепок сопровождается сильным шумом. Недостатком газовой резки является оплавление основного металла и изменение его структуры в зоне термического влияния. При воздушно-дуговой резке угольным электродом эти недостатки отсутствуют.

Ремонт трещин на балках предусматривает: удаление дефектного участка по шаблону (под углом 45°), изготовление вставки или дополнительной ремонтной детали (ДРД), возможно из выбракованной балки, зачистка кромок абразивным кругом, приварка ДРМ встык, зачистка сварочных швов (возвышение не более 2 мм над поверхностью балки), обработка наклепом зон термического влияния.

При износе отверстий и при трещинах, захватывающих отверстия под кронштейны, их заваривают, предварительно зачистив стальной щеткой с обеих сторон на 10...15 мм от отверстия. Далее, подложив медную пластину, заваривают и сверлят отверстие по кондуктору, диаметром меньше номинального на 1 мм, доводят диаметр отверстия до номинального прошивкой, фаски на кромках не срезают, а доводят обжимкой.

Лучшие результаты показывает сварка в среде углекислого газа, обеспечивающая высокую прочность, не деформирует свариваемую конструкцию, возможность заваривать швы во всех пространственных положениях. Высокую усталостную прочность обеспечивает и газокислородная сварка. Стыки должны быть плотно подогнаны, без разделки кромок. Механическая обработка после сварки не делается.

Возле шва происходит концентрация напряжений, а также ухудшается структура (волокнистая структура, образующаяся при прокате, разрушается), увеличивается размер зерен. Поэтому предел выносливости сварного соединения в стыке ниже, чем у свариваемого металла. Зоны термического влияния сварочных швов и места возможного возникновения трещин рекомендуется укреплять наклепом. Предел выносливости повышается до 90% от номинала (снижается после сварки на 25...40%). Используют пневмомолоток (МР-6 и др.); сфера бойка пневмомолотка - 4,5 мм. Отпечаток должен быть равным 3 мм, перекрытие отпечатков - одна треть. В крайнем случае, наклеп можно сделать вручную слесарным молотком ( $R = 2...3\text{мм}$ ).

Сборка рам из восстановленных элементов производится клепкой с применением пневмо- и гидроустановок. Последняя имеет преимущества, так как сопровождается меньшим шумом, лучшими условиями работы, отсутствием нагрева заклепок, клепку выполняет один человек (пневмо – 2 человека), выше качество клепки. Клепка без нагрева лучше заполняет отверстие, происходит более правильное формирование головки заклепки. Разогретая заклепка охлаждается от соприкосновения с холодным металлом, выступающий же конец охлаждается медленнее и поэтому деформируется легче тела заклепки. Но пневматическая клепка более приспособлена для клепки в труднодоступных местах.

Для клепки рам применяют гидравлические установки (рисунок 3), позволяющие обжимать заклепки без нагрева. Обжимают заклепки подвесной клепальной скобой, которую подвешивают над рабочим местом на консольной балке с пружинным уравнивающим блоком или противовесом. Все скобы с рабочим цилиндром - 50...100 кг. Для заклепок диаметром 12...13 мм требуется максимальное усилие 20...25 т. Производительность - 10...15 циклов в минуту, автоматически включается обратный ход и останов.

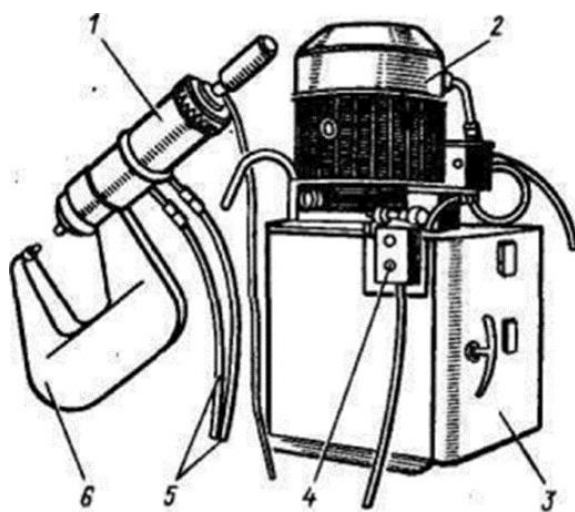


Рисунок 3 - Установка для гидравлической клепки рам:

1 - силовая головка; 2 - электродвигатель; 3 - корпус; 4 - пусковое устройство; 5 - шланги; 6 - скоба

Контроль качества клепки (на примере рамы КамАЗ): на расстоянии, равном двум диаметрам стержня заклепки, щуп толщиной 0,05 мм не должен проходить; на расстоянии между заклепками до 60 мм не должен проходить щуп толщиной 0,6 мм; при большем расстоянии - 1,2 мм.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дехтеринский Л. В., Ремонт автомобилей: учебник для вузов / Л.В.Дехтеринский, К.Х. Акмаев, В.П. Апсин и др.; под ред. Л.В. Дехтеринского. Москва : Транспорт, 1992. 295 с.
2. Восстановление автомобильных деталей: технология и оборудование: учебник / под ред. В.Е. Канарчука. Москва : Транспорт, 1995. 304 с.
3. Шапошников Ю. А, Пантидеенко В.И. Ремонт автомобилей: учебное пособие; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2021. 211 с.

#### МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕНЕВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА

Шумов Николай Викторович, к.т.н., доцент, [shumovnv@mail.ru](mailto:shumovnv@mail.ru)

Недобежкин Дмитрий Станиславович, [dimanedobezhkin@list.ru](mailto:dimanedobezhkin@list.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье раскрыта проблема повышения эффективности подготовки водителей транспортных средств с использованием автомобильных тренажеров. Приводятся результаты модернизации конструкции старого теневого автомобильного тренажера путем встраивания в него компьютерной техники. Изменения конструкции тренажера определили успешное применение его в учебном процессе автошколы АлтГТУ.*

**Ключевые слова:** автомобильный тренажер, модернизация конструкции, компьютерный руль, аппаратно-программный комплекс.

К автомобильным тренажерам относят устройства, моделирующие условия работы водителя транспортного средства, а также типичные дорожно-транспортные ситуации. Это аппараты иллюзионного типа. Рабочим местом обучаемого служит макет салона автомобиля со всеми расположенными в нем элементами механизмов управления. Дорожная обстановка воспроизводится в большинстве случаев с помощью теневой проекции. Такие принципы заложены в старых моделях автотренажеров, которые находили применение в большинстве автошкол. Типичным представителем такого семейства конструкций является теневой тренажер АТ-01М, который использовался при подготовке водителей Автошколы АлтГТУ.

Указанный тренажер представляет собой комплекс оборудования для первоначальной подготовки водителей и состоит из следующих основных частей: макет салона автомобиля ВАЗ 2101, пульт обучающего, блок питания, диски модели местности, привод движения дисков, проекционный экран, информационное табло. Простота конструкции и невысокая стоимость определяли его широкое распространение. Однако теневым тренажерам свойственны недостатки. На таких тренажерах кандидату в водители не всегда можно задать строго определенную программу. Кроме того, теневые тренажеры по особенностям своей конструкции моделируют движение лишь по абстрактной дороге, без других участников (отсутствуют транспортные средства и пешеходы).

Для повышения эффективности применения автотренажера в учебном процессе в Автошколе АлтГТУ произведена существенная модернизация его конструкции. В макет салона встроен компьютерный руль G-25 швейцарской фирмы Logitech. В комплекте с рулем идут подставка с тремя педалями (газ, тормоз, сцепление) и блок переключения передач (пятиступенчатая коробка передач). С помощью двух струбцин руль закреплен на панели приборов тренажера. Основание подставки для педалей установлено с помощью винтов на резиновом покрытии автомобильного тренажера, что обеспечило его надежную фиксацию. Блок переключения передач смонтирован на специально изготовленной консоли. Видео



проектор, размещенный на вертикальной стойке, дает возможность проецировать фрагменты дорожно-транспортных ситуаций на экран, установленный перед тренажером.

Модернизация теневого тркажера позволила приблизить условия к реальным: индивидуальное рабочее место, автомобильное сидение, руль, педали, рычаг переключения коробкой передач. Условия позволяют, обучаемому самостоятельно осмыслить свои ошибки и отработать правильные действия, не выходя за пределы класса.

Проведенная модернизация конструкции тренажера представляет собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный не только для первоначального обучения водителей, но и для совершенствования или координации имеющихся навыков управления автомобилем у водителей со стажем.

Размещение дополнительного оборудования показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид автотренажера

Применение автотренажера во многом расширяет его возможности, при этом обеспечивает:

- отработку оптимального расположения водителя в салоне;
- ознакомление с органами управления;
- отработку приемов управления транспортным средством;
- выполнение упражнений на автодроме;
- вождение при моделировании реальных дорожных условий;
- управление автомобилем в спортивном режиме;
- управление в экстренных дорожно-транспортных ситуациях.

Программное обеспечение включает в себя операционную систему Microsoft 7 и ряд авто-симуляторов, включая «3D Инструктор 2.0. Профессиональная версия «Полная». Применяемые симуляторы представляют собой ряд курсов по виртуальному вождению легкового автомобиля – «Школа вождения». Произведенная модернизация дает возможность перейти на использование указанного программного обеспечения, а следовательно получить кандидату в водители основные знания и навыки по вождению транспортного средства в реальных дорожных условиях.

Адаптация обучаемого к типичным алгоритмам действий и приемов управления дает возможность выдерживать дистанцию, рассчитывать тормозной путь, реагировать на дорожные знаки, разметку, сигналы светофора, появление пешеходов на проезжей части, прогнозировать дорожно-транспортные ситуации. Широкие возможности виртуального

моделирования симуляторов позволяют почувствовать специфику городского трафика и перемещения по городским улицам.

Хотя автомобильный тренажер не полностью заменяет занятий в реальности на настоящей дороге, но в качестве дополнения способен улучшить усвоение материала, сократить сроки обучения, сэкономить средства, исключить риск возникновения аварийных ситуаций при управлении транспортным средством водителем, не имеющим необходимых навыков.

Опыт применения модернизированного автомобильного тренажера показал, что наибольшая эффективность достигается на первоначальном этапе обучения, но по мере приобретения базовых навыков, его нужно сочетать с управлением реальным легковым автомобилем в условиях автодрома и городских улиц, снижая время использования тренажера.

Занятие на автомобильном тренажере показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Обучение на автотренажере

Модернизированный тренажер установлен в классе автомобильных тренажеров автошколы Алтайского технического университета и с успехом используется в учебном процессе подготовки водителей транспортных средств категории «В».

Когда кандидат в водители впервые выезжает в город, он неминуемо сталкивается с затруднениями, которые в значительной степени связаны с психологическим фактором, риском попасть в дорожно-транспортное происшествие. Использование тренажера позволяет преодолеть страх и чувствовать себя за рулем гораздо увереннее.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дымерский В.Я., Костин А.А. Технические средства обучения водителей автомобилей : учебное пособие. Москва : Высш. школа, 1982. 279 с.
2. Козлова А.В. Психолого-педагогические основы деятельности преподавателя автошколы по подготовке кандидатов в водители : Монография. Москва : Изд-во СГУ, 2013. 264 с.
3. Богачкин А.И.. Учебно-материальная база для обучения водителей транспортных средств. Москва : Издательство ДОСААФ, 1989. 236 с.

## МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Шумов Николай Викторович, к.т.н., доцент, [shumovnv@mail.ru](mailto:shumovnv@mail.ru)

Саманков Виктор Валерьевич, студент, [samankovvit@yandex.ru](mailto:samankovvit@yandex.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье раскрыта проблема повышения эффективности работы светофорных объектов на изолированных перекрестках с целью увеличения их пропускной способности и повышению безопасности движения. За основу оценки оптимальности режимов регулирования выбрана «суммарная задержка транспортных средств». Для натурного обследования режимов движения транспортных потоков в зоне пересечений разработана программа для телефонов.*

**Ключевые слова:** светофорный объект, транспортный поток, суммарная задержка, режим регулирования

Применение технических средств организации дорожного движения приводят к изменению параметров транспортных и пешеходных потоков, что требует оценки эффективности их применения. Это в большей степени относится к светофорной сигнализации на изолированных перекрестках. Поэтому актуальным становится выбор универсального показателя эффективности оценки, измеряемого в реальных условиях движения.

Для расчета экономической эффективности внедрения технических средств организации дорожного движения, в частности светофорного оборудования, а также последующей оценки его работы по оптимизации режимов регулирования на перекрестке автомобильных дорог, используют несколько оценочных параметров. К ним относят среднюю задержку транспортных средств, время обслуживания, но они не отражают степень изменения пропускной способности перекрестка, а также безопасность движения.

Расчетные методы режимов светофорного регулирования, связанные с определением величин цикла, основных и промежуточных тактов, базируются на известных допущениях по определению задержек транспортных средства, что ведет зачастую к снижению эффективности работы светофорных объектов. Более точные результаты обеспечивают экспериментальные исследования задержек, которые требуют применение специального аппаратного оборудования. Это сравнение времени проезда одиночного транспортного средства через перекресток при работающей светофорной сигнализации со временем проезда при выключенных светофорах, а также подсчет стоящих автомобилей на запрещающий сигнал светофора.

Сущностью предлагаемой методики является экспериментальное определение суммарной задержки транспортных средств на регулируемом перекрестке с использованием специальной программы для мобильных телефонов. Принцип работы при выполнении замеров задержки транспортных средств на перекрестке показан на рисунке 1.

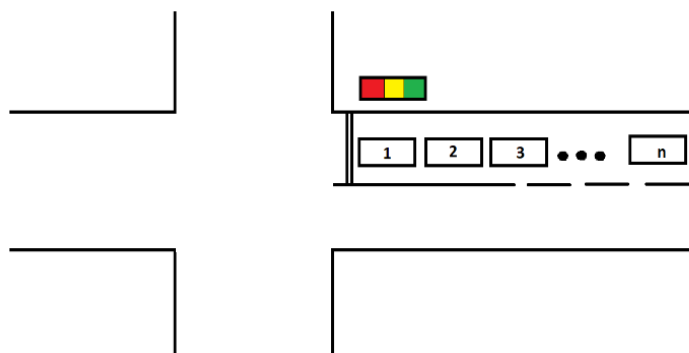


Рисунок 1 - Схема замеров

Последовательность операций по определению суммарной задержки на перекрестках с жестким программным управлением сводится к следующему:

- определяются направления транспортных потоков, прибывающих к перекрестку, что соответствует числу наблюдателей;
- последовательно фиксируются с помощью мобильных телефонов задержки транспортных средств, остановившихся у стоп-линии на запрещающий сигнал светофора;
- считываются, выведенные на экран дисплея, результаты замеров как за отдельный цикл регулирования, так и за один час работы светофорного объекта.

Количество лиц, участвующих в обследовании, соответствует числу направлений движения транспортных потоков. Для каждого участника устанавливается одинаковая продолжительность проведения обследования. Суммарное значение показаний каждого наблюдателя является итоговым - основным критерием эффективности работы светофорного объекта.

Структурная схема, разработанной программы для мобильных устройств, приводится на рисунке 2.

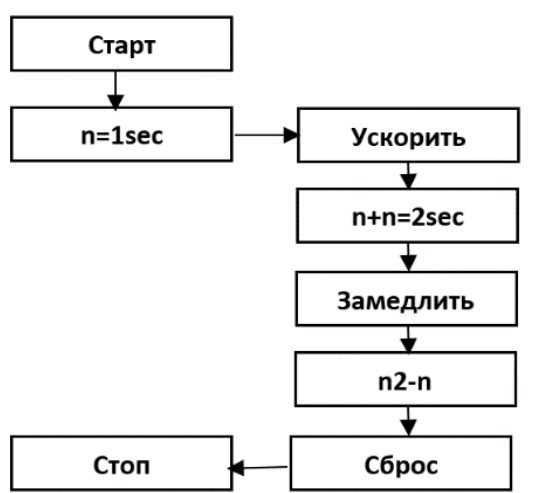


Рисунок 2 – Структурная блок-схема программы

Имеется несколько переменных:

- *Intsec* – количество прошедших со старта отчета секунд;
- *Intmin* – кол-во прошедших со старта отчета минут;
- *Intamount* – скорость отчета (число, на которое увеличивается переменная *sec*).

При запуске программы устанавливаются начальные значения переменных, а также получают ссылки на все UI элементы программы (кнопки, списки и тд). Кнопки «Старт» и «Сброс» переводятся в активный режим, кнопка «Стоп» становится недоступной для нажатий.

При нажатии на кнопку «Старт» запускается таймер, который каждую секунду реального времени увеличивает переменную *sec* на число *amount*. Если *sec* оказывается большим либо равным 60, то увеличивается число *min* на 1, а также *sec* уменьшается на 60. После этого с помощью функции *text\_update* обновляем информационные тексты (текст с выводом значения секундомера в формате *xx:xx* и текст с выводом значения скорости в формате *x*). Так же становится недоступной кнопки «Старт» и «Сброс», а кнопка «Стоп» становится доступной для нажатия.

При нажатии на кнопку «Стоп» становится недоступной кнопки «Стоп» и «Круг», а кнопки «Старт» и «Сброс» становятся доступными для нажатия. Так же останавливается таймер, запущенный при нажатии на кнопку «Старт».

При нажатии на кнопку «Сброс» все переменные возвращаются в исходное состояние, после чего уничтожаются все записи о кругах и обновляются информационные тексты.

При нажатии на кнопку «Ускорить» переменная amount увеличивается на 1 и обновляются информационные тексты.

При нажатии на кнопку «Замедлить» переменная amount уменьшается на 1, но только если до этого она была больше 1. Так же обновляются информационные тексты.

Интерфейс предлагаемой программы и последовательность операций замера задержки по каждому циклу работы светофорного объекта представлены на рисунке 3.

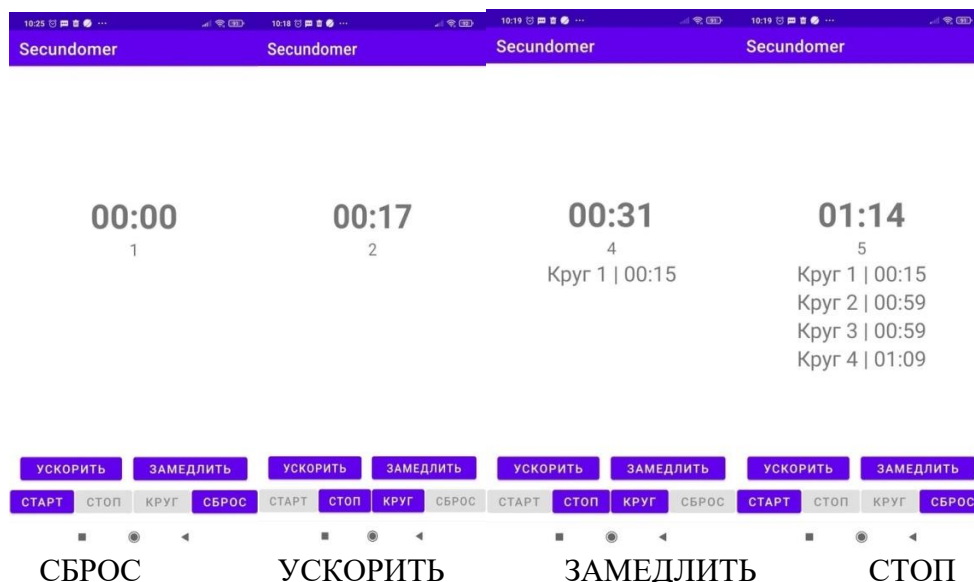


Рисунок 3 - Последовательность действий при осуществлении замеров.

Коррекция режима светофорного регулирования, связанная с изменением соотношений продолжительности основных тактов для пропуска транспортных потоков пересекающихся направлений изолированного перекрестка, сводится к сопоставлению результатов замеров. А это в свою очередь определяет эффективность работы светофорного объекта..

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2005. 279 с.
2. Рябчинский А.И., Гудков В.А., Кравченко Е.А. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. Москва : Издательский центр «Академия», 2011. 256 с.

# «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА, ТРАНСПОРТА И АПК»

## ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫДЕЛЕННОЙ ПОЛОСЫ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА: ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Куприенко Анастасия Николаевна, студент, [czar.nastj@mail.ru](mailto:czar.nastj@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

Грефенштейн Анна Павловна, преподаватель, [anna\\_020295@mail.ru](mailto:anna_020295@mail.ru)

Журина Елена Владимировна, студент, [lena\\_zhu\\_95@mail.ru](mailto:lena_zhu_95@mail.ru)

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия

*Статья раскрывает проблемы организации выделенной полосы для общественного транспорта на примере выполненного тематического исследования в городе Барнауле. Описаны методики проведения натурных исследований, выполнены обследования около тротуарных парковок и интенсивности дорожного движения. Изучено влияние координированного управления светофорной сигнализацией на функционирование выделенной полосы. В статье приведены предложения по совершенствованию организации дорожного движения на проспекте Строителей города Барнаула.*

**Ключевые слова:** выделенная полоса, общественный транспорт, организация движения, транспортный поток, координированное управление.

Анализ опыта организации выделенных (обособленных) полос для общественного транспорта (ОТ) позволяет сделать вывод, что оценка возможности и рациональности их введения позволит улучшить функционирование организационно-управленческих систем в транспортной сфере [1], так как создание выделенных полос неразрывно связано с местными особенностями конкретного городского поселения.

**Цель** тематического исследования заключается в выявлении основных проблем, возникающих при введении выделенных полос для ОТ, с последующим обоснованием возможных способов совершенствования организации дорожного движения. Объектом проведения натурных исследований является перегон проспекта Строителей города Барнаула в границах от проспекта Ленина до Павловского тракта (рисунок 1). Выбор данного участка улично-дорожной сети (УДС) для исследований обусловлен высокими значениями интенсивности дорожного движения и пассажиронапряженности.

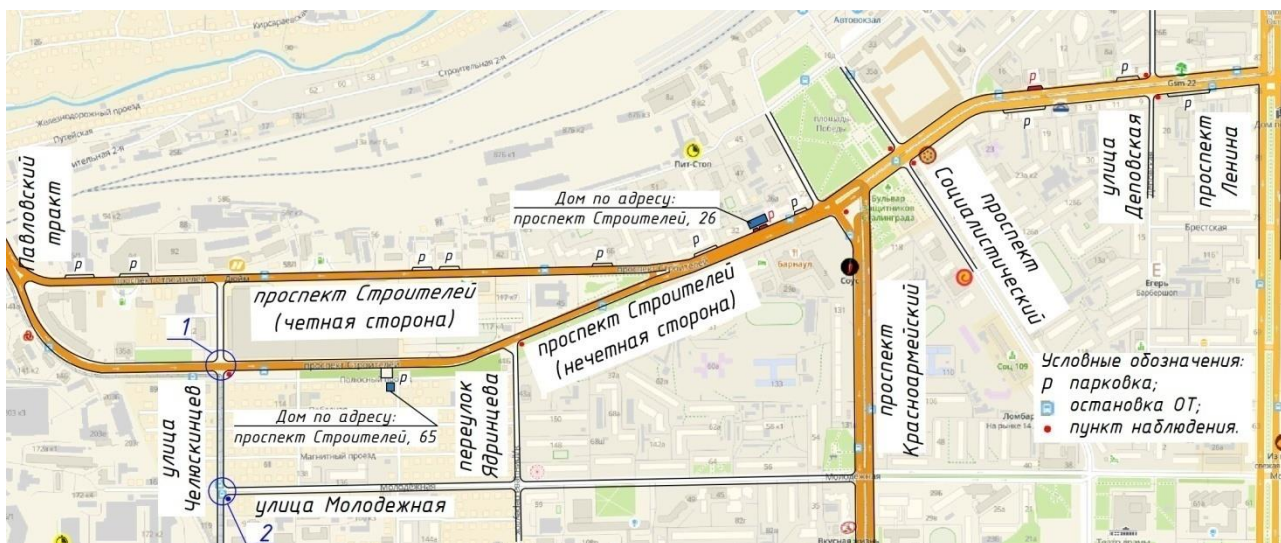


Рисунок 1 – Безмасштабная схема рассматриваемого участка УДС

На рассматриваемом участке УДС целесообразно выделить три ключевых фактора, потенциально негативно влияющие на движение ОТ в крайней правой (выделенной) полосе проезжей части:

- 1) нерациональная организация парковочных пространств в «красных линиях»;
- 2) высокое значение интенсивности правоповоротного транспортного потока;
- 3) отсутствие координированного управления светофорной сигнализацией.

**1. Нерациональная организация парковок.** Значительную часть времени индивидуальные транспортные средства (ТС), легковые автомобили, находятся не в движении, а припаркованными около проезжей части или во дворах жилых кварталов, торговых центрах. Из-за ошибок в организации парковок, размещенных справа от проезжей части, и нарушений правил паркования снижается эффективность использования УДС [2, 3].

Для определения помех движению в крайней правой полосе от припаркованных ТС в 2021 году было выполнено обследование около тротуарных парковок по четной и нечетной сторонам проспекта Строителей от проспекта Ленина до Павловского тракта.

Содержание использованной методики проведения натурных исследований представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание методики натурных исследований парковок на проспекте Строителей (город Барнаул, 2021 год)

Контролируемый параметр	Прибор измерения	Характеристика
Протяженность парковки	Курвиметр	Общая протяженность парковок, м
Ширина парковки	Курвиметр	Соответствие геометрических параметров (угла, °, и ширины, м) способу постановки ТС на стоянку <sup>1</sup>
Способ постановки ТС на стоянку	Визуально	Соответствие реального способа размещения ТС требованиям дорожных знаков 8.6.1 – 8.6.9 <sup>2</sup>
Выступ ТС на проезжую часть	Мел, рулетка измерительная	Максимальная величина уменьшения ширины крайней правой полосы проезжей части, м
Ширина тротуара	Рулетка измерительная	Минимальная ширина тротуара, примыкающего к парковке <sup>3</sup> , м

Примечания

<sup>1</sup>При несоответствии габаритных размеров парковок способу постановки ТС на стоянку [4] припаркованные ТС занимают часть ширины крайней правой полосы движения: способ «под углом 90 °» – требуемые габариты 2,5 м × 5,0 м; способ «под углом 0 °» – 2,5 м × 6,5 м.

<sup>2</sup>При нарушении «Правил дорожного движения Российской Федерации» в части способа размещения ТС его габариты выступают за пределы парковочного места или имитируют часть ширины крайней правой полосы.

<sup>3</sup>При минимальной критической величине ширины тротуара водитель, покидая припаркованное ТС, продолжит движение по проезжей части, тем самым занимая часть ее ширины.

Результаты выявленных очагов помех движению на двух проезжих частях проспекта Строителей представлены в обобщенном виде в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты обследования парковок на проспекте Строителей (город Барнаул, 2021 год)

Четная сторона				Нечетная сторона			
Количество		Удельный вес, %		Количество		Удельный вес, %	
3	8	27,27	72,73	0	2	0,00	100,00
Итого: 11		Итого: 100		Итого: 2		Итого: 100	
Протяженность		Удельный вес, %		Протяженность		Удельный вес, %	
118	261	31,13	68,87	0	60	0,00	100,00
Итого: 379		Итого: 100		Итого: 60		Итого: 100	

Примечания

- Парковки, на которых отсутствуют выступы габаритов ТС на проезжую часть.
- Парковки, на которых габариты ТС занимают часть крайней правой полосы проезжей части.

Результаты, приведенные в таблице 2, показывают, что протяженность парковок, создающих помехи движению трафика по четной стороне рассматриваемого перегона, составляет около 30 %. Следовательно, на данном участке можно спрогнозировать помехи движению ОТ в случае введения для него выделенной полосы. Важно отметить, что на исследуемых парковочных местах было зафиксировано нарушение способа постановки ТС на стоянку, что свидетельствует о низкой культуре поведения водителей на дорогах [3]. В сложившейся ситуации парковки около дома № 26 (рисунок 1) необходимо совместить в одну для увеличения числа машино-мест и установления соответствия существующих габаритов нормативным, а также поменять способ постановки ТС с перпендикулярного «90 °» на параллельный «0 °».

На нечетной стороне рассматриваемого перегона парковок, лимитирующих ширину проезжей части в крайней правой полосе, не было выявлено, геометрические параметры соответствовали нормам «Правил градостроительного проектирования» [4], а нарушений в части способа размещения ТС зафиксировано не было.

**2. Интенсивный правоповоротный транспортный поток.** На регулируемых и нерегулируемых перекрестках скорость транспортного потока снижается из-за право- и левоповоротных маневров ТС. Для осуществления таких маневров необходимо затратить на 25 % больше времени для правого поворота, и на 75 % – для левого [2]. Поэтому необходимо минимизировать или полностью исключить влияние правоповоротного движения на функционирование крайних правых выделенных полос. При этом величина задержек ОТ увеличивается по мере роста интенсивности пешеходного потока, конфликтующего с правоповоротным трафиком.

Для прогнозирования помех движению по крайней правой выделенной полосе необходимо предварительно оценить интенсивность движения автомобилей, выполняющих поворот направо, и конфликтующих с ними пешеходных потоков. На пяти перекрестках проспекта Строителей было выполнено исследование интенсивности транспортных и пешеходных потоков визуальным методом учета интенсивности движения в соответствии с ГОСТ 32965-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока». Съёмка потоков проводилась на стационарных постах, месторасположение которых показано на рисунке 1. Работа проводилась в 2021 году в будние дни в утренний и вечерний «часы-пик» с 7.30 до 8.30 для нечетной стороны проспекта и с 17.00 до 18.00 для четной. Обобщенные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты обследования перекрестков на проспекте Строителей (г. Барнаул, 2021 год)

Улица / проспект	Четная сторона		Нечетная сторона	
	Правоповоротное движение, ед./ч	Пешеходный поток, чел./ч	Правоповоротное движение, ед./ч	Пешеходный поток, чел./ч
Деповская	109	**	89	49
Социалистический	245	***	240	***
Красноармейский	*	**	474	**
Ядринцева	*	**	841	38
Челюскинцев	*	**	1340	**

Примечания

\* маневр отсутствует, \*\* пешеходный переход отсутствует, \*\*\* введена выделенная фаза для движения пешеходов

Представленные в таблице 3 данные свидетельствуют о том, что в начале перегона (со стороны Павловского тракта) в утренние «часы-пик» большая часть трафика на проспекте Строителей уходит направо – на улицу Челюскинцев. Далее по проспекту заметно уменьшение интенсивности движения ТС, что говорит об увеличении доли ОТ в общем



потоке. Введение выделенной полосы после улицы Челюскинцев позволит сократить суммарные задержки на проспекте Строителей.

**3. Отсутствие координированного управления светофорной сигнализацией.** Для улучшения транспортной ситуации на участке проспекта Строителей от Павловского тракта до улицы Челюскинцев предложена координация работы светофорных объектов: 1 – проспект Строителей и улица Челюскинцев, 2 – улица Челюскинцев и улица Молодежная (рисунок 1).

Для разработки графика координированного управления на перекрестке улица Челюскинцев – улица Молодежная в 2021 году была определена интенсивность движения в утренние «часы-пик» с 7.30 до 8.30 по методике проведения натурных исследований, описанной выше. Результаты величины интенсивности в разбивке по направлениям движения представлены на рисунке 2а.

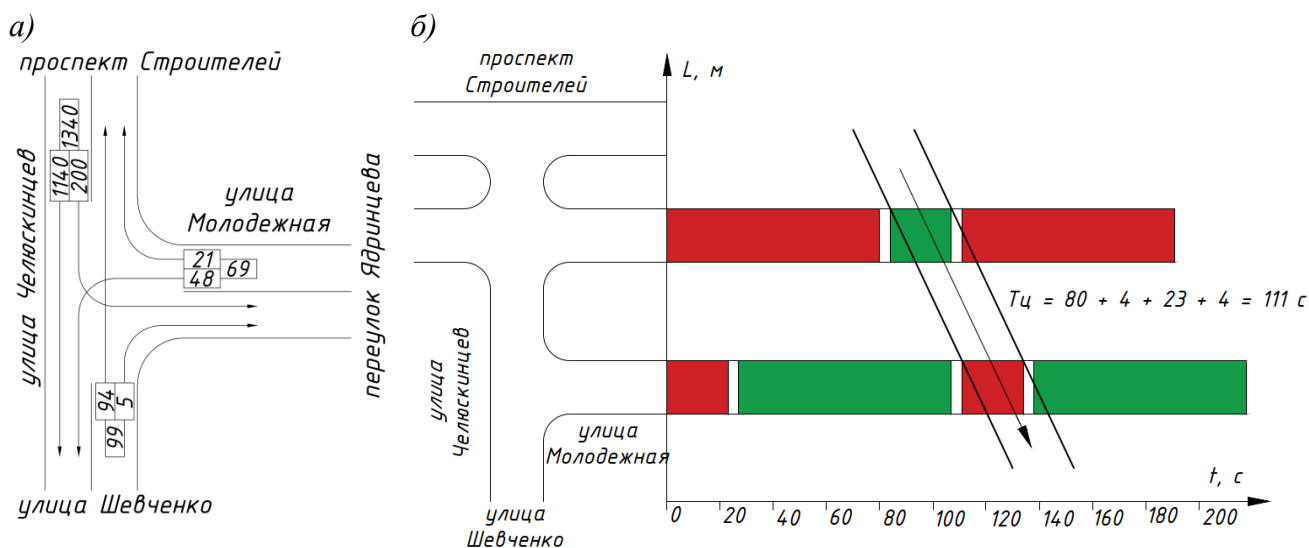


Рисунок 2 – График координированного управления светофорной сигнализацией для перекрестков 1 и 2

На рассматриваемом перекрестке (рисунок 2а) основная нагрузка сосредоточена со стороны проспекта Строителей. ТС, поворачивающие налево с улицы Челюскинцев на улицу Молодежная (200 ТС/ч), задерживают основной (прямой) поток. В совокупности с несовмещенными светофорными циклами на перекрестках 1 и 2 (рисунок 1) это приводит к образованию задержек на перегоне улицы Челюскинцев (от проспекта Строителей до улицы Молодежной) и к образованию «хвоста» потока ТС на крайней правой полосе проспекта Строителей.

Для разрешения данной проблемы было принято решение скоординировать работу светофорных объектов для утренних «часы-пик» (рисунок 2б). Графическим методом расчета светофорной сигнализации координированного управления был скорректирован светофорный цикл на перекрестке улица Челюскинцев – улица Молодежная. Величина существующего светофорного цикла на перекрестке проспект Строителей – улица Челюскинцев равна 111 секунд. Предлагаемый цикл аналогично равен 111 секунд.

График координированного управления для улицы Челюскинцев во 2<sup>ой</sup> фазе представлен на рисунке 2б.

Данное предложение направлено на уменьшение задержек в начале нечетной стороны проспекта Строителей от Павловского тракта в утренние «часы-пик», что позволит транспортному потоку сократить время поездки. Схема пофазного разъезда при предлагаемой координации светофорных объектов представлена на рисунке 3.

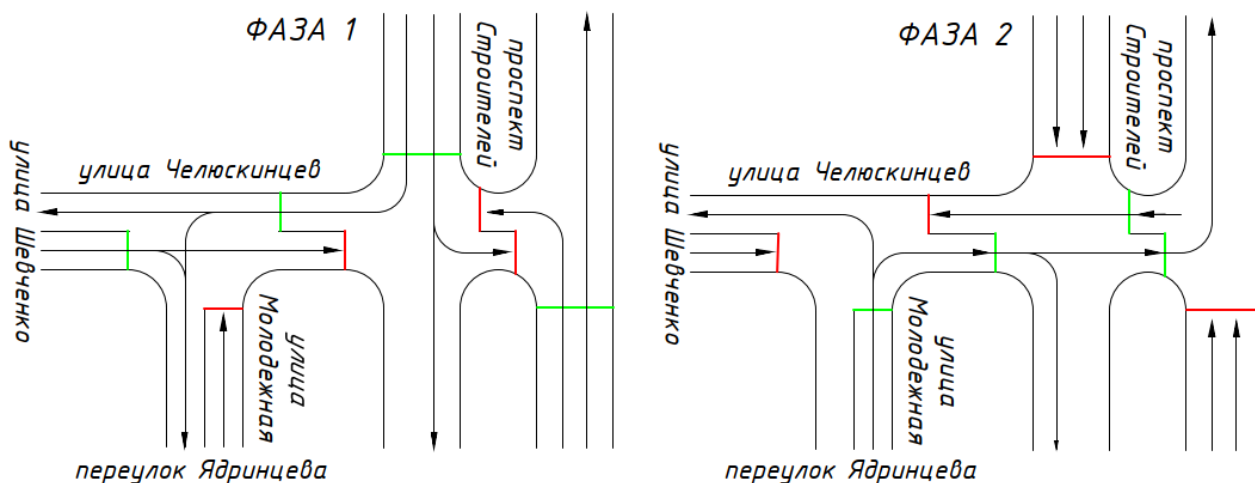


Рисунок 3 – Схема пофазного разъезда

### Заключение и выводы

Анализ результатов натуральных исследований, проведенных в 2021 году на УДС города Барнаула на проспекте Строителей в границах от проспекта Ленина до Павловского тракта, позволил сделать следующие выводы:

- 1) около 30 % имеющихся парковок начетной стороне проспекта Строителей создают помехи движению ТС в крайней правой полосе проезжей части;
- 2) большинство правоповоротных потоков с проспекта Строителей не будут оказывать негативного влияния на движение ОТ по выделенной полосе (за исключением улицы Челюскинцев);
- 3) на перекрестке проспект Строителей – улица Челюскинцев (нечетная сторона) возникает задержка транспортного потока при совершении правоповоротных маневров.

Были разработаны решения и сформулированы предложения, направленные на совершенствование организации дорожного движения:

- 1) для устранения парковок, лимитирующих ширину крайней правой полосы проезжей части и, соответственно, в перспективе – выделенной полосы для ОТ, предлагается провести их реконструкцию;
- 2) для минимизации задержек на перекрестках, возникающих при интенсивных правоповоротных маневрах, рекомендуется следующее: запрет правого поворота; отдельная полоса для поворота направо; поворот со второй полосы [3];
- 3) для уменьшения задержек при поворотном маневре направо на перекрестке проспект Строителей – улица Челюскинцев необходимо скоординировать светофорное регулирование в утренние «часы-пик» на перекрестке улица Молодежная – улица Челюскинцев.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будрина Е. В., Кириллова Е. В., Рыкова И. С. Управление транспортным потоком мегаполиса на основе внедрения выделенных полос для общественного транспорта // Экономика. Право. Инновации. 2021. №4. С. 26-34.
2. Вучик В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / пер. с англ. А.К Алинина под научн. ред. М. Блинкина. Москва : Издательский дом «Территория будущего», 2011. (Серия «Университетская библиотека Александра Прокопьева»). 576 с.
3. Влияние парковок на транспортные задержки в крупных городах / А. П. Грешенштейн, С. Н. Павлов, Ю. В. Павлова, И. И. Валов // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 1(79). С. 105-111.
4. СП 396.1325800.2018. Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования: дата введения 2019-02-02 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Москва : Росстандарт, 2019. 84 с.

## ОБЗОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВЫБОРА ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ВИДОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Папаскуа Анжела Александровна, к.т.н., доцент, skua@bk.ru  
Мякишев Валерий Сергеевич, к.э.н., доцент  
Павленко Владимир Михайлович, к.э.н., доцент  
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

*Проблема выбора населением способа передвижения в теории транспортных процессов и систем является сложной, так как связано с прогнозированием отношения различных групп населения к существующим видам городского транспорта. В данной статье выполнена оценка существующих математических методов выбора потребителем вида городского пассажирского автомобильного транспорта.*

**Ключевые слова:** городской транспорт, выбор транспорта, модели, оптимизация.

Одним из наиболее востребованным стратегическим документом для муниципалитетов различных городов РФ является КСОТ – комплексная схема организации транспортного обслуживания населения городским общественным транспортом, определяющий направления развития общественного транспорта для полного удовлетворения населения в транспортных услугах в качественном и количественном аспектах [1].

Вопросы эффективной организации городских пассажирских перевозок невозможно без систематического изучения динамики пассажиропотоков во времени и в пространстве. Исследование пассажиропотоков, как известно, возможно следующими существенно различными методами, натурными, отчетно-статистическими, автоматизированными, комбинированными. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества, также как и недостатки, среди последних - трудоемкость, финансовоемкость, достоверность.

Несмотря на применяемый метод исследования пассажиропотоков, последовательность решения задачи следующая:

- 1) определение общей потребности населения в перемещениях;
- 2) изучение пространственной направленности перемещений пассажиров;
- 3) изучение факторов, определяющих предпочтения населения в выборе существующих видов транспорта;
- 4) привязка сформировавшихся пассажиропотоков для каждого вида транспорта к существующей транспортной сети. В дальнейшем, учет ее пропускной способности и выявления способов ее развития.

Закономерности передвижения описываются различными статистическими законами и классифицируются по ряду признаков. Степень воздействия различных факторов неодинакова.

В числе основных можно выделить такие как:

- 1) уровень развития общественного транспорта и уровень автомобилизации. В выборе способа передвижения предпочтение формируют характеристики транспорта. Наиболее значимые: доступность, мобильность, комфортабельность, надёжность, время перемещения и т.д.
- 2) социально-экономические – численность населения, возрастной и социальный состав, система тарифов, уровень благосостояния и т.д.
- 3) пространственная самоорганизация населения – размещение населения относительно центров транспортного тяготения с учетом норм затрат времени на передвижения.

Важная роль в пространственной самоорганизации населения принадлежит городу, его планировке, народно-хозяйственной специфике.

Суммарная частота передвижений меняется от города к городу в зависимости от его размера, территории и состава населения. Транспортная компоновка города также влияет на

подвижность населения. Количество транспортных передвижений растет по мере увеличения радиуса города; при увеличении плотности застройки в городе число транспортных передвижений сокращаются (повышается пешая подвижность); соответственно, выше для «частного сектора» или зон малой плотности.

Прогнозы объемов и характера перевозок пассажиров, как правило, основываются на закономерностях, которые получены в результате обследований пассажиропотоков, а также на теоретических математических моделях.

С учетом развития компьютерных технологий, теоретические модели набирают всё большее значение. Факторный анализ, заложенный в теоретических моделях, учитывает влияние на объемы перевозок численности населения, уровень автомобилизации, плотность населения, плотность застройки, социального и возрастного состава отнесения, уровня благосостояния, стоимости поездки, уровня организации транспорта (плотность транспортной сети, обеспеченность транспортными средствами, интенсивность движения) и т. п.

Устанавливаются корреляционные связи между указанными характеристиками города (факторов может быть значительно больше в зависимости от самого города) и вероятностным решением пассажиром воспользоваться конкретным видом транспорта.

В классических исследованиях транспорта вопрос о выборе горожанином способа перемещения представляется краеугольным. Например, изучение средств транспорта будущего не может проводиться без учета возможного отношения к ним пассажиров. Распределение передвижений по территории зависит от обобщенных издержек на каждый вид транспорта, поскольку возможные пассажиры сопоставляют их по размеру денежных затрат, времени проезда, комфорту и т. д. Пассажиры проявляют «чувствительность» к перечню характеристик, которые формируют привлекательность определенного вида транспорта.

При такой постановке вопроса возникает необходимость:

1) определить последовательность, позволяющую предвидеть вид транспорта, который выберет пассажир (с учетом его социально-демографических характеристик), если известны цели поездки (трудовые, культурно-бытовые, учебные), маршрут и время движения и т. д.;

2) определить сопоставимые величины, между которыми должен быть сделан пассажиром выбор (финансовые затраты, среднее время, затрачиваемое на поездку, уровень комфорта, возможность парковки в месте назначения).

Выбор вида транспорта для конкретной поездки осуществляется в разрезе:

1) предпочтения того или иного вида общественного транспорта;

2) предпочтения автомобиля или одного из видов общественного транспорта.

Методы изучения факторов, влияющих на выбор вида транспорта, представлены в различной литературе [2]. Небольшой обзор наиболее интересных представлен ниже:

*1. Метод Бизли.* Отправной гипотезой является идея о рациональном логическом действии пассажиров при выборе вида транспорта.

Сравнивая на сходных маршрутах на двух разных видах транспорта, при пользовании которыми существует разница во времени  $\Delta t$  и разница в соответствующих затратах, пассажир производит выбор в зависимости от оценки своего времени  $\Delta C$ .

$$\Delta C = \Delta p + \lambda \cdot \Delta t, \quad (1)$$

Считается, что человек делает выбор на основе практических и экономических соображений, когда его выбор падает на вид транспорта, обобщенные издержки которого ниже всего. Однако, не принимаются во внимание некоторые дополнительные причины предпочтения (например, степень комфорта); это же свидетельствует об ограниченности применения метода.

2. *Метод Варнера.* Этот метод эконометрический. Принцип его заключается в отыскании критерия при дихотомическом делении пассажиров «на тех, кто будет пользоваться видом транспорта А», и «тех, которые предпочтут вид В» [4].

Обозначим пассажиров, использующих вид транспорта А, символом 1, а пассажиров, предпочитающих транспорт вида В, символом 0. Затем для каждого пассажира и каждой поездки вычисляется разделяющая функция  $Z$ , зависящая от характеристик пассажира и предполагаемого способа передвижения. Возможны два варианта: распределить пассажиров по определенным видам транспорта по принципу «да - нет», руководствуясь численным значением  $Z$ , сопоставляемым с пороговой величиной  $a$ , или рассчитать вероятностную кривую  $P(Z)$  выбора пассажиром вида транспорта А в зависимости от значений разделяющей функции  $Z$ .

Вычисление разделяющей функции  $Z$ . Обычно выбирается линейная функция

$$Z = \sum_i s_i \cdot x_i, \quad (2)$$

где  $s_i, x_i$  – коэффициенты, подлежащие уточнению характеристик  $i$  пассажиров предполагаемого средства передвижения, а в известных случаях любой другой непрерывно меняющейся (временной). Доказано, что гипотеза о линейной форме зависимости  $Z$  от  $x_i$  вполне правомерна, если распределение переменной  $x$  следует нормальному закону и если матрицы дисперсий и ковариаций идентичны для обеих совокупностей (пассажиры, распределенные по видам транспорта (А и В)).

Построение эмпирической кривой вероятностей  $P(Z)$ . При тех же гипотезах, что и в предыдущем случае, можно использовать логистическую функцию

$$P(Z) = \frac{e^{az+\beta}}{1 + e^{az+\beta}}, \quad (3)$$

где  $P(Z)$  оценивается по сведениям о проценте пассажиров, пользующихся видом транспорта А при соответствующем значении  $Z$  разделяющей функции. Кривая  $P(Z)$  представляет собой кривую решений пассажиров. Метод Варнера может быть применен для оценки любых влияний, сказавшихся на действиях пассажиров.

3. В зависимости от качества транспортных услуг, оцениваемого скоростью передвижения, различными показателями комфортабельности и регулярности движения, вероятность выбора населением  $i$ -го вида городского пассажирского транспорта [3]:

$$p_i = f [\alpha \lg(a_i/a_o) + \beta \lg(b_i/b_o) + \dots], \quad (4)$$

где  $\alpha \lg(a_i/a_o), \beta \lg(b_i/b_o)$  – количественные оценки составляющих  $a_i, b_i$  – качество  $i$ -го вида транспорта в сравнении с соответствующими характеристика  $a_o, b_o$ .

Описанные выше исследования еще далеки от завершения. Можно сопоставлять различные методы.

Во всех случаях наблюдается стремление объективно оценить субъективные действия пассажиров, обусловленные их отношением к тем или иным характеристикам сравниваемых средств транспорта. Потребители предъявляют значительные требования к качеству транспортного обслуживания независимо от цели поездки, особенно на фоне доступности индивидуального легкового транспорта.

Что касается проблемы выбора потребителями видов общественного городского транспорта, она наиболее легко решается: необходимо всесторонне развивать существующие виды городского общественного транспорта.

Краеугольной проблемой является воздействие на предпочтения потребителей при выборе между автомобильным и общественным городским транспортом, в пользу последнего.

Предпочтение легкового транспорта определяются рядом обстоятельств:

1) экономические перемены и меняющийся образ жизни формирует тенденцию к снижению доли общественного транспорта даже в части обязательных поездок жителей (работа, учёба);

2) индивидуальный транспорт, в большей степени, чем общественный, имеет высокий уровень комфортабельности;

3) технологически необходимые частые остановки на маршрутах общественного транспорта, отсутствие отдельных полос, не обеспечивает в полной мере использование его динамико-скоростных возможностей, особенно в центральных районах городов. При наличии еще и пеших передвижения и затрат времени на ожидание, общественный транспорт обслуживает потребителя с большими затратами времени, чем индивидуальный;

4) сформовавшиеся пристрастия владельцев пользоваться индивидуальным легковым транспортом, статус владельца автомобиля, усиленная реклама и, как следствие, повышенный уровень автомобилизации.

В работе [5] была составлена классификация пользователей на основе их отношения к различным видам транспорта. Основой послужило проведенное комплексное транспортно-социологическое обследование. Характеристики группы потребителей услуг транспорта представлены ниже [5]:

1) «Убежденные автомобилисты» не пользуются услугами общественного транспорта в силу субъективного мнения о нем, не проявляют интерес к преимуществам общественного транспорта;

2) «Автомобилисты, вынужденные пользоваться общественным транспортом» – выбор делается в случае проблем использования индивидуального транспорта, особенно по ограничениям парковки и дорожного трафика;

3) «Пользователи, выбирающие наиболее эффективный транспорт» – имеют сбалансированное отношение к индивидуальному и общественному транспорту. Выбор делается на наиболее эффективном для конкретной поездки;

4) «Общественные экологи» – использование общественного транспорта основывается на системе экологических соображений.

В представленных категориях потребителей наибольший процент опрошенных составили группы 1 и 2 (22 % и 35% соответственно), относительно низкая доля в категории 3 и 4.

Такое соотношение выявляет необходимость в корректировке подхода к моделированию процессов выбора вида транспорта, особенно между индивидуальным легковым и общественным, который чаще всего основывается на первостепенности ценового фактора, фактора времени, когда как, по социологическим исследованиям, пользователи делают выбор исходя из различных, зачастую иррациональных критериев.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические рекомендации по разработке документов транспортного планирования субъектов Российской Федерации. (Утверждены протоколом заседания рабочей группы проектного комитета по национальному проекту «Безопасные и качественные автомобильные дороги» от 12.08.2019 №ИА-63). <https://mintrans.gov.ru/documents/10/10128>

2. Мерлен П. Город: количественные методы изучения. Москва : Прогресс, 1977. 262 с.

3. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов. Москва : Высш. школа, 1980. 535 с.

4. Кабакова С.И. Градостроительная оценка территорий городов. Москва : Стройиздат, 1973. 312 с.

5. Папаскуа А.А., Мякишев В.С., Орлова Л.Н. Исследование выбора передвижений населения между общественным и индивидуальным легковым видами транспорта. Актуальные проблемы инженерных наук: материалы IX (66-й) ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета «Университетская наука – региону» (Ставрополь, 4-29 апреля 2022 г.) / под ред. А.Ю. Чернова [и др.]. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2022. 311 с.

## ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В СМЕШАННОМ СООБЩЕНИИ

Псеровская Елена Дмитриевна, доцент, к.т.н., eldp-55@yandex.ru

Строкань Анастасия Анатольевна, студент, nastyastrokan0808@yandex.ru

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия

*В статье рассмотрена проблема организации перевозок в смешанном сообщении. Определены требования по подготовке грузов и транспортных средств к перевозке. Изучены основные принципы размещения и крепления грузов в различных видах транспорта. Рассмотрены разновидности материалов и средств крепления грузов. Определены отличительные черты организации перевозок. Приведены границы грузоподъемности подвижного состава по видам сообщения. Описаны силы, действующие на груз при перевозке. Сделан вывод о трудностях при организации перевозочного процесса в смешанном сообщении.*

**Ключевые слова:** размещение и крепление грузов, сохранение перевозок, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, морской транспорт, смешанное сообщение.

В последнее время всё большую популярность набирают перевозки грузов в смешанном сообщении. При их организации необходимо соблюдение требований, как по обеспечению безопасности движения, так и сохранности перевозимых грузов. Исходя из этого, предъявляются следующие общие требования ко всем видам транспорта: подготовка груза к перевозке, выбор и подготовка подвижного состава, определение количества мест или массы груза, размещение и крепление грузов, соблюдение нормативного срока доставки. Рассматривая интермодальную перевозку при взаимодействии автомобильного железнодорожного и морского транспорта, нередко возникают трудности, связанные с перегрузкой груза с одного вида транспорта на другой, ввиду различия требований по размещению и креплению грузов, подготовке грузов и подвижного состава к перевозке, количества мест или массы груза в транспортной единице и многие другие.

Каждый вид транспорта имеет свои правила и нормативно-правовые акты по организации перевозок, обеспечению их безопасности и сохранности. Так, автомобильные перевозки регламентируются Федеральным законом «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта», Правилами перевозок грузов автомобильным транспортом, Правилами дорожного движения и другими. Железнодорожные перевозки регламентируют: Федеральный закон «О железнодорожном транспорте в РФ», Федеральный закон «Устав железнодорожного транспорта РФ», Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом, Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. Морские перевозки регламентированы Федеральным законом «Кодекс торгового мореплавания РФ», Правилами безопасной морской перевозки грузов, Руководство по разработке наставлений по креплению грузов.

Для оценки потребного парка подвижного состава рассмотрим грузоподъемности транспортных средств различных видов транспорта. Существующие границы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Грузоподъемность транспортных единиц

Автомобильный транспорт	Железнодорожный транспорт	Морской транспорт
0,5 – 40 т	25 – 500 т	370 – 150000 т

Организация смешанных перевозок является непростой задачей для грузоотправителя, ведь необходимо учитывать ряд факторов: маршруты автотранспортных средств ограничены, так как движение тяжеловесных транспортных средств (более 3,5 т) разрешено только по определенным участкам дорог, также необходимо учитывать сезонность перевозок. При перевозке длинномерных грузов, кроме габаритных размеров транспортного средства должны быть учтены возможности проезжих части по маршруту следования. При перегрузе на морские порты, необходимо учитывать размещение морских портов и возможность осуществления данной операции [1].

Чтобы определить особенности перевозки грузов различными видами транспорта, необходимо рассмотреть требования по подготовке грузовых транспортных единиц. Требования сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Требования по подготовке транспортной единицы к перевозке

Автомобильный транспорт	Железнодорожный транспорт	Морской транспорт
1. Проверка исправности устройств грузового помещения путем осмотра бортов, пола, кузова на наличие повреждений с последующим устранением, кроме того:		
– проверка исправной работы замка.	– закрытие и запираение элементов кузова вагона в зависимости от способа перевозки груза.	– проверка систем герметичности; – проверка систем наблюдения за уровнем воды, противопожарных систем; – ограждение труб в грузовых помещениях и на палубе.
2. Очистка грузового помещения, элементов крепления, опорных поверхностей груза от остатков ранее перевозимой продукции, грязи, снега, льда и тд.		
3. Установка средств крепления груза, кроме того:		
		– обозначение на палубе «свободных мест» для служебных проходов и тд; – проверка исправности судовой погрузочно-разгрузочной техники и приведение ее в соответствующее состояние (рабочее/ нерабочее).

Основными принципами размещения и крепления грузов в подвижном составе на различных видах транспорта является:

- 1) укладка количества груза, не превышающего значения допустимой грузоподъемности и вместимости транспортных средств;
- 2) проверка на возможность использования погрузочно-разгрузочных машин при производстве погрузки-выгрузки;
- 3) соблюдение условий прочности транспортного средства, в т. ч. распределение центра тяжести груза по всем направляющим;
- 4) учет требований маркировки для определения способа размещения и крепления груза в транспортной единице;
- 5) учет характеристик (по габаритам) грузовых мест и транспортных средств;
- 6) проверка возможности совместной перевозки грузов;
- 7) использование для крепления только установленных элементов конструкции транспортных средств.

Морские перевозки имеют ряд особенностей [2,3]:

- обеспечение требуемой посадки судна и его устойчивости;
- наличие возможности обзора моря с места управления, в том числе и затенение;
- учет продолжительности рейса;
- учет района плавания, ожидаемого состояния моря и воздействия его на груз.



Несмотря на схожие требования по приведению груза в транспортабельное состояние, средства его закрепления на каждом транспорте различны.

По степени оказываемого воздействия, средства крепления можно классифицировать следующим образом:



Рисунок 1 – Классификация средств крепления

Разновидности материалов и средств крепления грузов по конструкции на видах транспорта приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разновидности материалов и средств крепления грузов

Автомобильный транспорт	Железнодорожный транспорт	Морской транспорт
<ul style="list-style-type: none"> <li>– ремни;</li> <li>– цепи;</li> <li>– тросы;</li> <li>– деревянные бруски;</li> <li>– противоскользящие маты.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Металлические:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– растяжки;</li> <li>– обвязки;</li> <li>– стяжки;</li> <li>– увязки.</li> </ul> </li> <li>2. Деревянные:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– прокладки и подкладки;</li> <li>– распорные и упорные бруски, рамы;</li> <li>– стойки.</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найтовные устройства:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– прутковые оттяжки;</li> <li>– цепные оттяжки;</li> <li>– тросовые оттяжки;</li> <li>– ремневые оттяжки;</li> </ul> </li> <li>2. Закладные устройства:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– автоматические замки;</li> <li>– полуавтоматические замки;</li> <li>– ручные замки;</li> <li>– центрирующие приспособления;</li> <li>– фитинговые соединения.</li> </ul> </li> <li>3. Обвязочные устройства</li> </ol>

Для обеспечения безопасности движения и сохранности грузов при перевозке различными видами транспорта необходимо принятие определенных мер. Общим для всех транспортных средств является соблюдение регламента безопасного проведения погрузочно-разгрузочных работ, соблюдение установленных сроков доставки, а также обеспечение требуемого других специальных видов обслуживания в пути следования.

Отличительные черты при перевозке продукции автотранспортом [4]:

1) Контроль влияния груза на процесс управления транспортным средством, а именно:

- свободный обзор из кабины управления и восприятие сигналов;
- свободный доступ к информации о дорожной обстановке;
- устойчивое и беспрепятственное ведение транспортного средства;
- отсутствие чрезмерного загрязнения окружающей среды.

2) Периодический внешний осмотр крепления груза в пути следования.

Отличительные черты при перевозке продукции железнодорожным транспортом [5]:

- 1) Удовлетворительное состояние сооружений и устройств грузового хозяйства;
- 2) Оперативная технология работы станций по обеспечению приема-выдачи груза;
- 3) Наличие весовых устройств и точность проведения операций по взвешиванию.
- 4) Осмотр вагона с грузом на пунктах коммерческого осмотра.

Отличительные черты при перевозке продукции морским транспортом [2,3]:

- 1) Ведение контроля за обеспечением устойчивого состояния судна;
- 2) Прием сводок погодных условий и волнения моря во избежание попадания в шторм;
- 3) Повторная проверка крепления грузов при волнениях судна с устранением возникших неисправностей;

4) Своевременное принятие мер по предотвращению потери плавучести, устойчивости судна и смещения размещенного в нем груза.

В пути следования груз подвержен воздействию гравитационных сил, обусловленных величиной собственной массы груза и инерционных сил, возникающих в результате колебания транспортного средства.

К инерционным силам относятся [2-5]:

1) Продольные горизонтальные  $F_{пр}$ , возникающие при разгоне и торможении, при различных маневрах, подъемах, спусках, соударениях и тд;

2) Поперечные горизонтальные силы  $F_{п}$ , возникающие при движении транспортного средства в кривых участках и на закруглениях дороги;

3) Вертикальные силы  $F_{в}$ , возникающие при колебаниях движущегося транспортного средства;

4) Сила трения  $F_{тр}$ , действующая за счет трения между грузом и прилегающих поверхностей при движении груза;

5) Ветровая нагрузка  $W_{п}$ , действующая на части груза, выступающие за пределы кузова;

6) Сила удара волны  $W_{в}$ , действующая на груз, размещенный на открытой палубе.

Перечень сил, действующих на груз в процессе транспортировки для конкретных видов транспорта приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень сил, действующих на груз в процессе транспортировки

Автомобильный транспорт	Железнодорожный транспорт	Морской транспорт
– продольные горизонтальные $F_{пр}$ ; – поперечные горизонтальные силы $F_{п}$ ; – вертикальные силы $F_{в}$ ; – сила трения $F_{тр}$ .	– продольные горизонтальные $F_{пр}$ ; – поперечные горизонтальные силы $F_{п}$ ; – вертикальные силы $F_{в}$ ; – сила трения $F_{тр}$ ; – ветровая нагрузка $W_{п}$ .	– продольные горизонтальные $F_{пр}$ ; – поперечные горизонтальные силы $F_{п}$ ; – вертикальные силы $F_{в}$ ; – сила трения $F_{тр}$ ; – ветровая нагрузка $W_{п}$ ; – сила удара волны $W_{в}$ .

Для обеспечения надежности крепления груза на подвижном составе разрабатываются и утверждаются специальные условия их перевозки, порядок требований к ним на разных видах транспорта различен. Так для грузов, перевозимых на железнодорожном подвижном составе грузоотправитель обязан представить эскиз в соответствии со схемами, приведенными в Технических условиях размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах (ТУ), для непредусмотренных в ТУ грузов разрабатываются местные технические условия (МТУ). Размещение и крепление грузов способами, не разработанными ТУ и МТУ, должны выполняться в соответствии со способами, установленными непредусмотренными техническими условиями (НТУ).

На автомобильном транспорте отсутствуют нормативно-правовые документы, касающиеся вопросов безопасного размещения и крепления грузов при транспортировке. Действующие Европейские стандарты могут применяться только в качестве справочного пособия.

В соответствии с приказом Минтранса РФ N ВР-1/п "Об утверждении Правил безопасности морской перевозки грузов" грузоотправитель должен своевременно передать перевозчику все требуемые в соответствии с портовыми, таможенными, санитарными или иными административными правилами касающиеся груза документы [2]. Размещение и крепление грузов производится в соответствии с требованиями вышеизложенных Правил, нестандартизированных грузов – крупногабаритных и тяжеловесных грузов – по индивидуальным проектам, разрабатываемым грузоотправителями, судовладельцами или по их поручению компетентными организациями с учетом требований настоящих Правил.

Таким образом, подводя итоги всему выше изложенному, можем сказать, что перевозка грузов различными видами транспорта имеет свои особенности, требования и методики, что значительно усложняет работу логистических операторов по организации смешанной перевозки грузов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зачешигрива М. А. Инфраструктурные ограничения в организации транспортно-логистических схем перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов // Политранспортные системы: Материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия. – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке. 2015. С. 371-375.
2. Приказ Минтранса Российской Федерации N ВР-1/п :Об утверждении Правил безопасности морской перевозки грузов, 2003. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=205458>(дата обращения: 23.11.2022).
3. N81-ФЗ : Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации, 1999. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22916/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22916/) (дата обращения: 23.11.2022).
4. ДСТУ EN 12195-1 : Устройства крепления груза на колесных транспортных средствах. Безопасность. Часть 1. Расчет сил крепления, 2018. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=78334](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=78334) (дата обращения: 23.11.2022).
5. МПС России N ЦМ-943:Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах, 2003. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1341> (дата обращения: 23.11.2022).

#### «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ»

#### АНАЛИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАРНАУЛА

Нечаев Константин Сергеевич – к.т.н., доцент, [t1001t@mail.ru](mailto:t1001t@mail.ru)

Балтобаева Амина Талгатовна – студент, [amina.baltobaeva@yandex.ru](mailto:amina.baltobaeva@yandex.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье приводятся статистические данные о дорожно-транспортных происшествиях с участием детей до 16 лет в городе Барнаул, а также был произведён анализ основных показателей аварийности за период с 2017 – 2021 гг. В данной работе были выявлены и нанесены на карту административные районы города с наибольшим числом дорожно-транспортных происшествий.*

**Ключевые слова:** несовершеннолетние дети, дорожно-транспортные происшествия, Государственная инспекция безопасности дорожного движения, Правила дорожного движения.

Ежегодно на автомобильных дорогах Российской Федерации в дорожно-транспортные происшествия попадают более 15000 несовершеннолетних в возрасте до 16 лет, при этом порядка 500 детей погибают [4]. Представленные статистические данные свидетельствуют о наличии в нашей стране достаточно серьёзной и актуальной проблеме, которая связана с наличием высокой аварийности среди несовершеннолетних. На сегодняшний день данная тема является актуальной, так как абсолютное значение ДТП уменьшается в целом по стране, но не значительно, поэтому уровень детского дорожно-транспортного травматизма высок и по сей день. Если же сравнить количество ДТП на территории РФ и европейских стран, где участниками являлись дети, то показатели будут в десятки и сотни раз выше в России [3]. Таким образом, для решения данной проблемы необходимо привлекать большие силы и находить наиболее эффективные пути решения.

Подобная проблема, связанная с детским дорожно-транспортным травматизмом, имеется и в Алтайском крае, которая также как и по всей территории РФ характеризуется высокими показателями аварийности среди несовершеннолетних до 16 лет.

На рисунке 1 представлена диаграмма, которая показывает, что за период 5 лет в Алтайском крае примерно более 10% приходилось на ДТП с участием несовершеннолетних. Исходя из официальной статистики, которая представлена на сайте ГИБДД, видно, что доля ДТП с детьми относительно общего числа аварий с каждым годом увеличивается, например, если доля ДТП с участием несовершеннолетних от общего числа аварий в 2017 году составляла всего 12,9%, то уже к 2021 эта доля значительно увеличилась и была равна 15,7%. Таким образом, это показывает непропорциональное уменьшение количества общего числа ДТП к числу ДТП с участием несовершеннолетних до 16 лет. Данная тенденция ещё раз подчёркивает важность и актуальность выбранной темы.

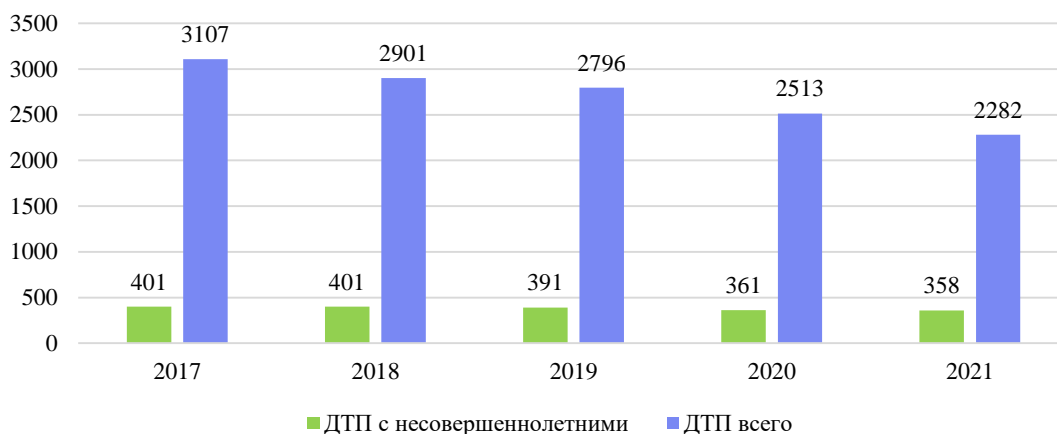


Рисунок 1 – Количество ДТП с участием несовершеннолетних и число ДТП всего в Алтайском крае за 2021 год

Наибольшее количество ДТП с участием несовершеннолетних в Алтайском крае приходится на столицу региона Барнаул и город Бийск, так как там соответственно относительно большое количество населения, в том числе и детей.

На диаграмме (рисунок 2) отображены основные показатели аварийности ДТП с участием несовершеннолетних по городу Барнаул. Полученные данные о количестве данного рода ДТП не свидетельствуют о ярко выраженной тенденции к уменьшению данного показателя, но в целом, аварийность уменьшилась за 5 лет на 14,9% (20 ДТП). При этом смертность детей на дорогах Барнаула не имеет какой-либо определённой динамики, так как годовые показатели изменяются скачкообразно, что также можно сказать и о количестве раненных детей в ДТП.

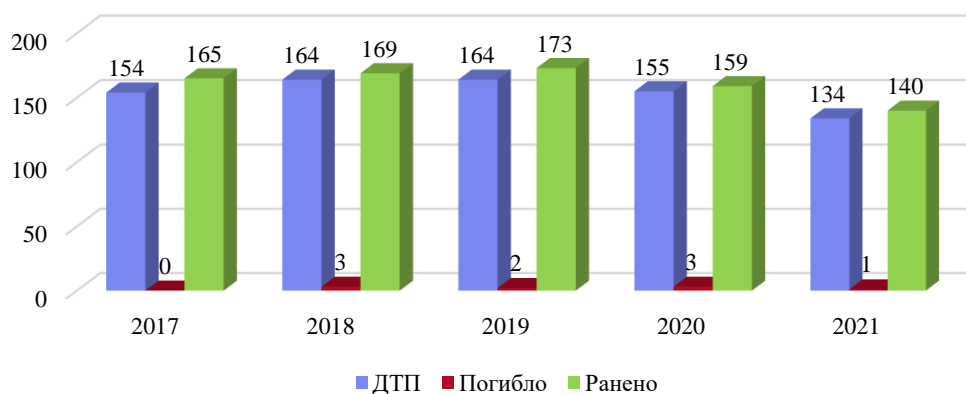


Рисунок 2 – Число ДТП, погибших и раненых в Алтайском крае за 2021 год

Наиболее частый вид ДТП, в который попадают несовершеннолетние является наезд на пешехода, столкновение и наезд на велосипедиста, данный вид ДТП наиболее

распространён в весенний и летний периоды времени. Таким образом не всегда, попадание в ДТП зависит от самого несовершеннолетнего, так как в случае такого вида, как столкновение, исход событий полностью зависит от водителя.

В городе Барнаул, анализируя 2021 год, самым распространёнными видами ДТП с участием несовершеннолетних являются[4]:

- Наезд на пешехода – 82 ДТП (62,1%);
- Столкновение – 33 ДТП (25%);
- Наезд на велосипедиста – 15 ДТП (11,7%);
- Падение пассажира – 1 ДТП (0,8%);
- Наезд на препятствие – 1 ДТП (0,8%).

Как показывает многолетний накопившийся опыт, в наиболее распространённом виде ДТП, а именно наезд на пешехода, порой не редкостью является, что ребёнок сам создаёт аварийную ситуацию, которая способна привести к каким-либо отрицательным последствиям[1]. Основными причинами, по которым дети способны нарушать Правила дорожного движения является: невнимательность, низкая дисциплина поведение ребёнка на автомобильных дорогах, незнание основных правил дорожного движения, невозможность правильно оценивать дорожную ситуацию, переоценка собственных способностей и т.п. То есть основной проблемой, которая приводит к ДТП несовершеннолетнего до 16 лет, является не только отсутствие знаний в области дорожного движения, но и психофизиологические особенности развития ребёнка[2]. Рассмотрев аварийность с участием детей по городу Барнаул за 2021 год, было выявлено, что в 76 случаях при возникновении ДТП ребёнок не нарушал ПДД, что составляет 57,6%. А наиболее распространёнными нарушениями среди детей являлись, следующие [4]:

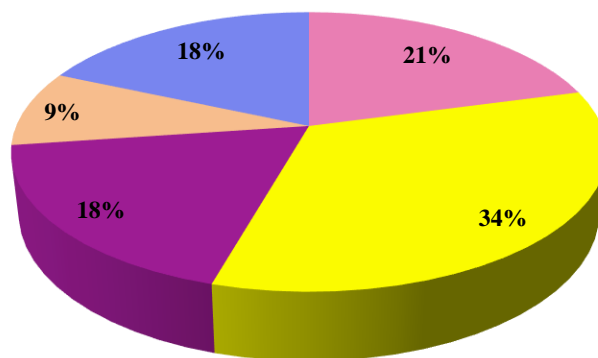
- Неожиданный выход из-за ТС – 2 нарушения;
- Неподчинение сигналам регулирования – 6 нарушений;
- Несоблюдение очередности проезда – 10 нарушений;
- Переход через проезжую часть вне пешеходного перехода – 10 нарушений;
- Данные о нарушениях ПДД детьми были не доступны на официальном сайте

ГИБДД – 28 случаев.

Распределение ДТП с участием детей по территории любого населённого пункта весьма разнообразно и зависит, в первую очередь от расположения мест притяжения детей и подростков, организации дорожного движения, но также можно выделить и ряд других факторов, которые также влияют на распределение ДТП в пространстве.

На сегодняшний день в Барнауле имеется 5 административных районов, в которых практически еженедельно происходят ДТП с участием несовершеннолетних до 16 лет, но распределение мест совершения ДТП по районам города достаточно разнообразно. На представленный фактор оказывают влияние такие условия, как размещение школ, детских садов и иных образовательных учреждений, спортивных организаций, торговых и развлекательных комплексов, парков отдыха и т.п., а также плотность населения в каждом районе города.

Исходя из официальных данных сайта ГИБДД наиболее часто ДТП с участием детей в 2021 году происходили в Индустриальном районе Барнаула – 42 ДТП (34%), затем в Железнодорожном районе – 26 ДТП (21%), Ленинском районе – 23 ДТП (18%), Центральном районе – 23 ДТП (18%) и последнее место по количеству аварий с участием детей занимает Октябрьский район – 11 ДТП (9%) [4].



■ Железнодорожный ■ Индустриальный ■ Ленинский ■ Октябрьский ■ Центральный

Рисунок 3 – Распределение ДТП по районам города Барнаул за 2021 год

Для того, чтобы более наглядно изучить распределение ДТП по административным районам города Барнаул необходимо привести относительные показатели аварийности, которые учитывают не только количество произошедших ДТП, но и плотность населения в каждом районе города.

По показателю относительной аварийности с участием несовершеннолетних до 16 лет среди районов города Барнаул лидером является Железнодорожный (на 100 тыс. населения 22 ДТП), второе место занимает Индустриальный район (на 100 тыс. населения 20 ДТП), затем Центральный район (на 100 тыс. населения 18 ДТП), далее Ленинский район (на 100 тыс. населения 15 ДТП) и последнее место занимает Октябрьский район (на 100 тыс. населения 11 ДТП).

Таким образом, наибольшее количество ДТП с участием несовершеннолетних в Барнауле приходится на Индустриальный район, но с учётом численности населения по всем административным районам города наиболее аварийным является Железнодорожный район. Такое распределение может быть связано с неравномерным проживанием детей по районам города.

Для того, чтобы более наглядно изучить распределение ДТП по территории города Барнаул на карту были нанесены места совершения аварий с участием несовершеннолетних при помощи условных обозначений, цвет которых показывает соответствующий административный район города.

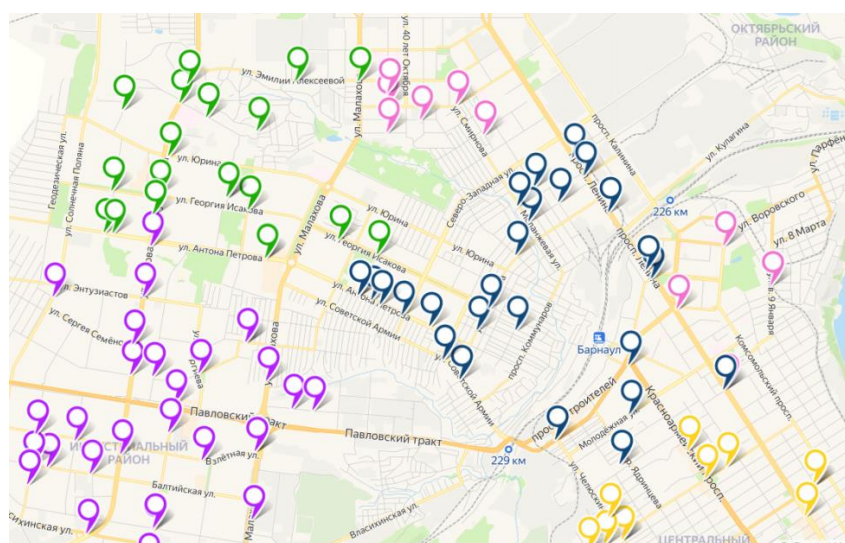


Рисунок 4 – Распределение ДТП с несовершеннолетними (до 16 лет) по административным районам города

Таким образом, необходимо уделять большое внимание детскому дорожно-транспортному травматизму, так как данная проблема не имеет ярко выраженной тенденции к сокращению. Последствия подобных ДТП влияют не только на демографическую ситуацию страны (региона), но и на социальное, экономическое развитие государства, так как потери от каждой аварии значительны и невосполнимы, особенно когда участниками являются дети.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Баранчикова М.В. Влияние ситуации на виктимизацию несовершеннолетних жертв дорожно-транспортной неосторожности // Виктимология. 2018. №2 (16). С. 45–50.
2. Добренков А.И. Потерпевший в механизме совершения несовершеннолетними дорожно-транспортных преступлений // Вестник Воронежского института МВД России. – 2017. №3. С. 167–172.
3. Профилактика детского дорожно-транспортного травматизма / под ред. Ж.П. Дешам. Европейское региональное бюро ВОЗ. 1991. 75с.
4. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения / [Электронный ресурс] // Госавтоинспекция : [сайт]. — URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 03.11.2022).

#### ВАРИАНТЫ СНИЖЕНИЯ НАЕЗДОВ НА ПЕШЕХОДОВ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ДОРОГАХ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Печатнова Елена Владимировна, к.т.н., доцент, [phukcia@yandex.ru](mailto:phukcia@yandex.ru)

Джурко Игорь Алексеевич, студент, [ig-dj19@mail.ru](mailto:ig-dj19@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье предложены варианты использования отдельных компонентов интеллектуальной транспортной системы в целях снижения количества наездов на пешеходов на федеральных автомобильных дорогах. Решение этой проблемы является актуальным, поскольку тяжесть последствий ДТП этого вида характеризуется наивысшими значениями. Варианты предложены на основе предварительного анализа наездов на пешеходов в Алтайском крае. В качестве компонентов ИТС рассмотрено интеллектуальное управление освещением и использование динамических информационных табло.*

**Ключевые слова:** интеллектуальная транспортная система, наезды на пешеходов, федеральные автомобильные дороги, ДТП, безопасность дорожного движения.

В настоящее время роль автомобильного транспорта в социально-экономических процессах городов, регионов и страны увеличивается [1]. При этом сохраняются и обостряются сопутствующие проблемы, среди которых высокая дорожно-транспортная аварийность, транспортные заторы и ухудшение экологической обстановки в результате вредных выбросов.

В соответствии с курсом на информатизацию, заявленном во многих областях промышленности, экономики, транспорта, перечисленные проблемы подлежат решению в том числе использованием информационных средств. Качественная информационно-техническая база, включая специализированные информационные системы, позволяет значительно улучшить процесс управления сложными системами, к которой относится в том числе и транспортные системы городов и регионов [2]. В частности, задача по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности планируется решаться с использованием интеллектуальных транспортных систем (ИТС)[3].

В области безопасности дорожного движения одной из наиболее острых проблем является аварийность на федеральных автомобильных дорогах (ФАД), поскольку тяжесть последствий ДТП превышает аналогичные показатели на других типах дорог [4]. В разрезе видов ДТП наиболее высоким показателем тяжести отличаются наезды на пешеходов (рисунки 1).

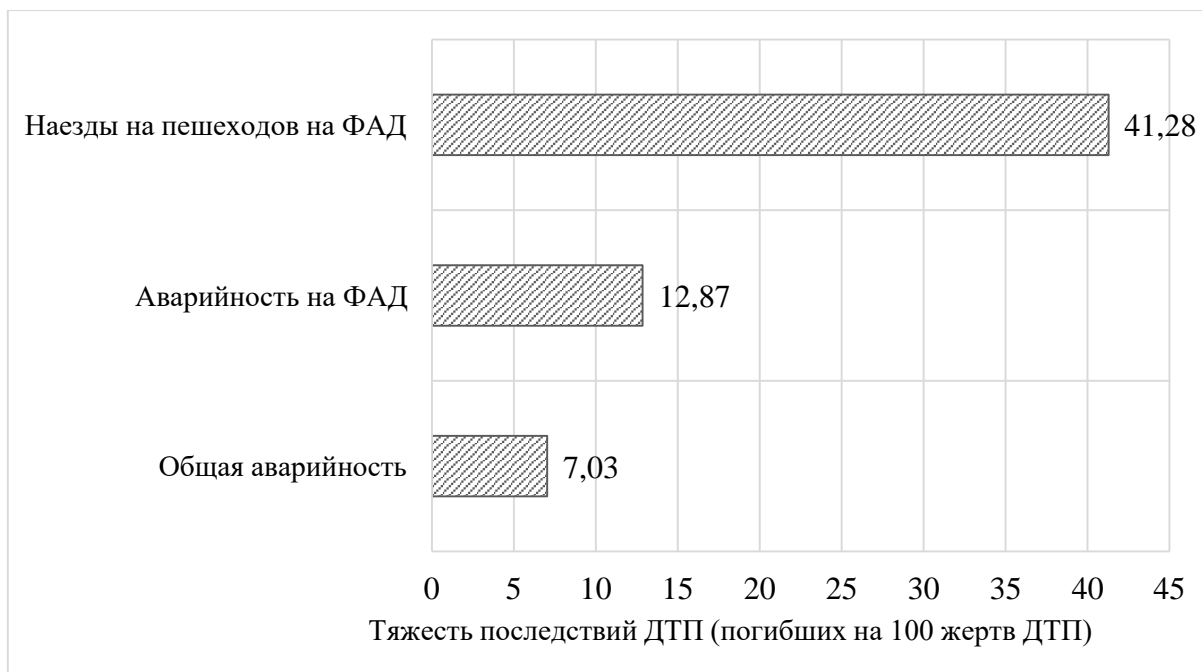


Рисунок 1 – Тяжесть последствий ДТП, Алтайский край, 2021

Анализ факторов, повышающих риск возникновения наездов на пешеходов на федеральных дорогах, а также определение способов снижения числа таких ДТП с использованием ИТС является малоизученной научной задачей, но при этом является важной и актуальной, поскольку именно эти происшествия являются центром сосредоточения смертности в ДТП. Снижение количества наездов на пешеходов на ФАД приведет к снижению показателей тяжести, а также социального и транспортного риска, которые определены как целевые показатели в области безопасности дорожного движения.

Целью работы является определение вариантов снижения наездов на пешеходов с помощью ИТС.

Основой для исследования выступили данные о наездах на пешеходов на территории Алтайского края, которые зафиксированы на ФАД, а также информация о компонентах ИТС на ФАД Алтайского края.

Предварительный анализ расположения исследуемых ДТП показал, что часть из них концентрируется вблизи выездов из городов, в частности на дороге А-322 Барнаул – Рубцовск – государственная граница с Республикой Казахстан в пригородной зоне г. Барнаула вблизи дачных участков и пос. Бельмесево. Фрагмент пространственного анализа на дороге А-322 приведен на рисунке 2.

Пригородный режим движения, характеризующийся высокой скоростью и интенсивностью движения транспортного потока, разнородным его составом (присутствие в потоке не только транспортных средств различных типов, но и значительное различие по скорости движения) является наиболее опасным [5]. При этом опасность для движения пешеходов находится на очень высоком уровне.

Рассмотрим компоненты ИТС, которые могут быть использованы для снижения числа ДТП – наездов на пешеходов. Первой подсистемой, безусловно способствующей повышению безопасности, является интеллектуальное управление освещением ФАД. Этот вариант является эффективным для предупреждения ДТП рассматриваемого типа, поскольку значительная часть наездов на пешеходов происходит в сумеречное и ночное время.



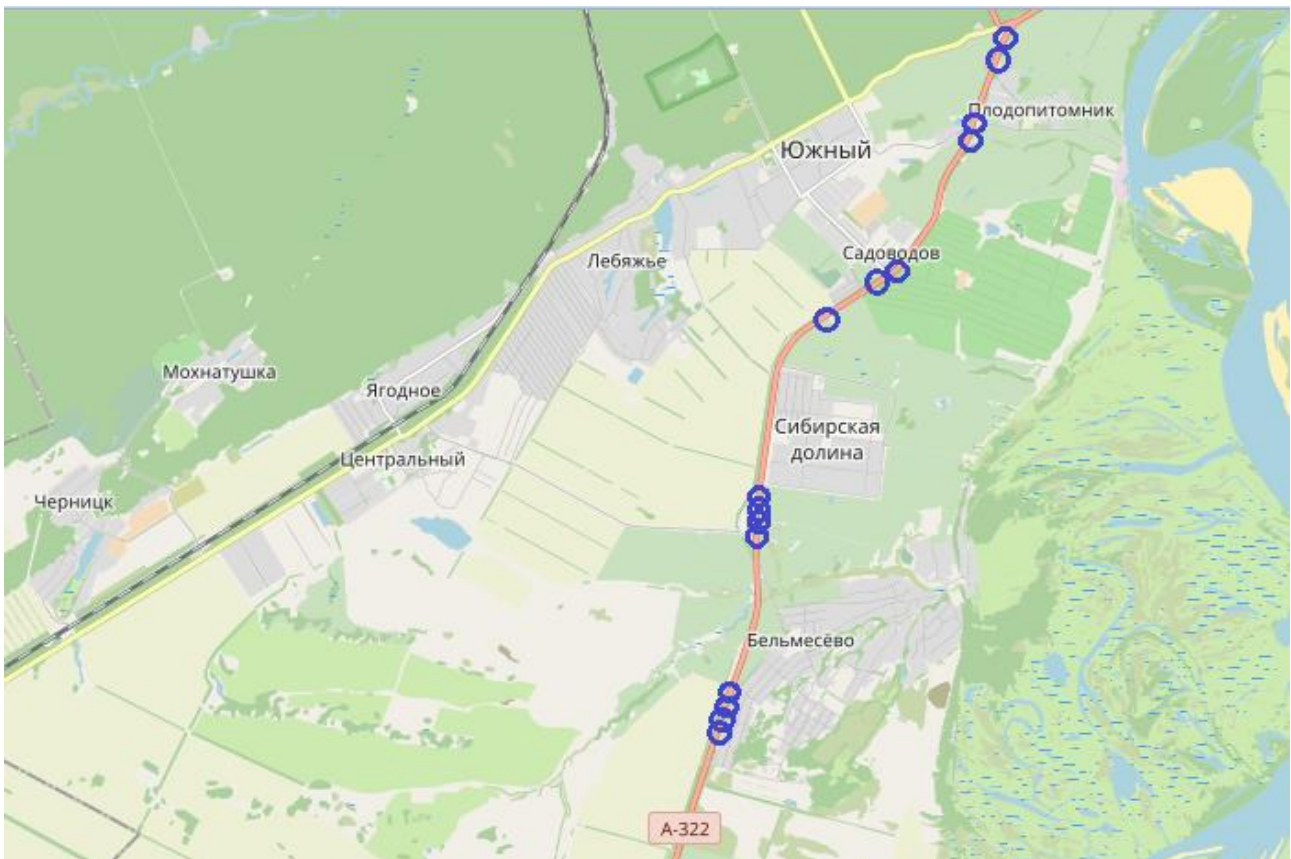


Рисунок 2 – Места наездов на пешеходов на отрезке дороги А-322 (11+550 – 22+000), 2018 – 2021

Следующим компонентом являются динамические информационные табло. Такие элементы ИТС установлены в разных местах ФАД Алтайского края, в том числе на выезде из г. Барнаула по дороге А-322 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Динамическое информационное табло, А-322, Барнаул, фото авторов

Такие элементы ИТС используются для косвенного управления транспортными потоками, в том числе для акцентирования внимания водителей на определенных видах опасности.

В целях повышения безопасности пешеходов предлагается следующая схема работы. На основе соответствующих математических моделей и информационной среды необходимо рассчитывать риск возникновения наезда на пешехода в режиме реального времени. Также следует определить уровень критического риска, т.е. такого значения, которое при заданном уровне значимости показывает, что ДТП может произойти с большой вероятностью. При достижении такого значения оператору рекомендуется выводить на экран информационного табло сообщение, предупреждающее водителя о повышенной опасности наезда.

Предложенные варианты использования компонентов ИТС отличаются высокой потенциальной эффективностью. Так вариант использования интеллектуального освещения потенциально может значительно сократить наезды на пешеходов, поскольку большая часть из них происходит в темное время суток. Вариант использования информационных табло также является потенциально эффективным в связи с тем, что дислокация значительного числа наездов на пешеходов приходится на выезды из городов, где и установлены рассматриваемые элементы ИТС. Кроме того, смена сообщений в соответствии с реальной ситуацией повысит доверие водителей, что приведет к росту эффективности косвенного управления транспортным потоком и безопасности движения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Печатнова Е.В., Кузнецов В.Н. Взаимосвязь показателей автомобилизации и аварийности на примере регионов Сибирского Федерального округа // Инновационный транспорт. 2019. № 1 (31). С. 54-57.

2. Печатнова Е.В., Кузнецов В.Н. Основные проблемы информационной поддержки оперативного управления безопасностью дорожного движения // Университетская наука. – 2020. № 2 (10). С. 177-179.

3. Pechatnova E., Kuznetsov V. Assessment of the conditions for allocating independent road safety ITS subsystem // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. Т. 1258. С. 136-145.

4. Джурко И.А. Влияние метеоусловий на возникновение наездов на пешеходов на федеральных дорогах // Наука и молодежь. Материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Барнаул : 2022. С. 16-19.

5. Паршина К.С. Оценка аварийности в пригородной зоне г. Барнаула на дороге К-02 // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. 2017. С. 538-541.

## «ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА, ТРАНСПОРТА И АПК»

### ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ПО УГНС 23.00.00

Баранов Алексей Сергеевич, к.т.н., доцент, [baranowas@mail.ru](mailto:baranowas@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье проанализированы тенденции изменения числа выделяемых бюджетных мест для подготовки специалистов транспортной отрасли, сложности при реализации программ подготовки специалистов по УГНС 23.00.00 с позиции выделяемых КЦП. Предлагаются различные варианты преодоления сложившейся ситуации на основании анализа основополагающих нормативно-правовых актов, действующих в данной отрасли.*

**Ключевые слова:** подготовка кадров, уровни образования, учредитель, бюджетные места, автотранспортная отрасль.

**Актуальность.** Подготовка специалистов по УГНС 23.00.00 в последнее время приобрела значительную необходимость. Транспортная отрасль недополучает огромное количество специалистов, фиксируется значительный дефицит конструкторов, специалистов по эксплуатации транспорта, специалистов в области безопасности движения и логистики.

Транспорт является одной из базовых отраслей экономики, наряду с машиностроением, сельским хозяйством и энергетикой, и его развитие способствовало бы развитию и повышению уровня социально-экономического развития региона в целом. Алтайский край характеризуется тем, что, во-первых, он имеет статус приграничного региона и выход к таким странам, как Монголия, Китай и Казахстан. Во-вторых, регион имеет развитую сеть автомобильных дорог. Эффективное использование развитой сети дорог позволило бы краю получать дополнительную прибыль в бюджет от международных перевозок.

**Новизна.** Вузы России впервые столкнулись с тенденцией сокращения бюджетных мест по указанной группе направлений подготовки (специальностей) по всем уровням высшего образования.

**Постановка задачи.** В последние годы наблюдается устойчивый тренд на сокращение бюджетных мест, выделяемых учредителем для подготовки специалистов и бакалавров по УГНС 23.00.00. Динамика снижения для некоторых направлений подготовки, реализуемых в АлтГТУ, представлена на рисунке 1, 2.

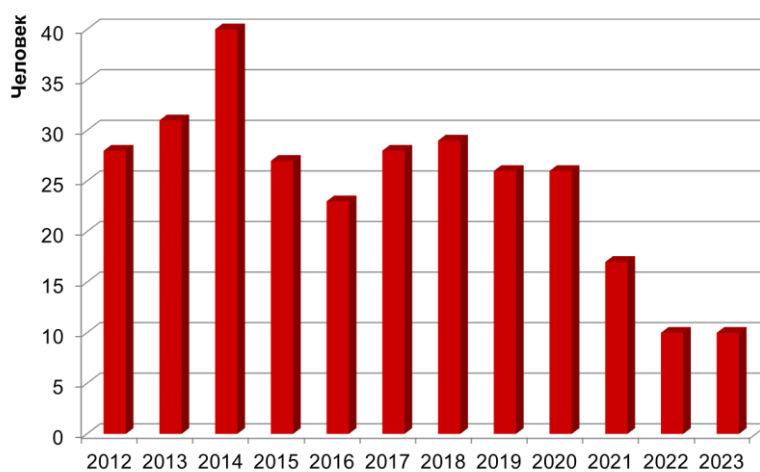


Рисунок 1 – Динамика числа бюджетных мест на направлении ЭТМ в АлтГТУ

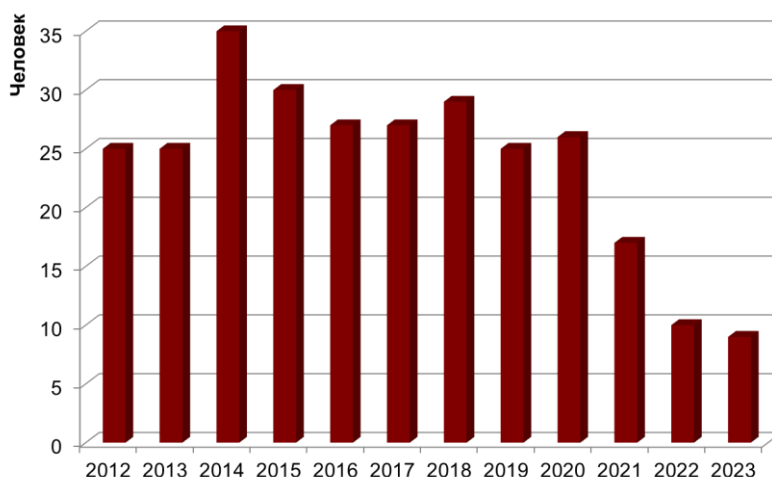


Рисунок 2 – Динамика числа бюджетных мест на направлении ТТП в АлтГТУ

В АлтГТУ данная УГНС представлена всеми уровнями подготовки: на уровне бакалавриата направлениями подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; на уровне специалитета – специальностью 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства и на уровне магистратуры – направлением 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы.

Кроме того, реализуются две специальности СПО: 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям) и 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей. Наличие СПО способствует непрерывности образования от колледжа до магистратуры и дает возможность подготовить специалистов достаточно высокой квалификации. Единственной сложностью обеспечения непрерывности образования является отсутствие отсрочки от службы в ВС РФ для выпускников колледжа.

Также ведется подготовка по заочной форме обучения по направлениям подготовки 23.03.01 и 23.03.03, но бюджетных мест нет ни по одному из этих направлений. Аналогичная ситуация наблюдается, к сожалению, в вузах на всей территории РФ.

**Результаты.** Для решения данной проблемы была создана инициативная группа из представителей центральных вузов России, которая неоднократно обращалась с письмами в адрес Министерства науки и высшего образования РФ, а также региональных министерств транспорта.



Рисунок 3 – Документы стратегического планирования, имеющие отношение к развитию транспортной отрасли в РФ

Проанализируем содержание некоторых доктринальных документов, лежащих в основе экономического развития различных отраслей экономики России, в том числе, и транспортную отрасль, с точки зрения обеспечения экономической безопасности: Стратегию национальной безопасности, Стратегию экономической безопасности, Транспортную стратегию и Стратегию развития транспортного машиностроения.

В числе задач, которые необходимо решить согласно Стратегии национальной безопасности РФ, есть упоминание:

- о повышении безопасности дорожного движения;
- об укреплении достигнутых РФ лидирующих позиций и конкурентных преимуществ в авиационной промышленности, двигателестроении;
- о форсированном развитии российского машиностроения;
- об обеспечении развития эффективной транспортной инфраструктуры и транспортной связанности страны [1].

Стратегия экономической безопасности РФ содержит такие задачи, как комплексное развитие транспортной инфраструктуры, создание современных транспортно-логистических комплексов, разработка и внедрение современных транспортных средств [2].

В числе целей транспортной стратегии РФ можно найти следующие:

- повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий;
- повышение мобильности населения и развитие внутреннего туризма;
- увеличение объема и скорости транзита грузов и развитие мультимодальных логистических технологий [3].

И, наконец, Стратегия развития транспортного машиностроения, нацеленная на развитие высокоскоростного движения, тяжеловесного движения, внедрение интеллектуальных систем при эксплуатации грузового подвижного состава, предполагает, что основу отрасли транспортного машиностроения составляют вагоностроение и локомотивостроение, в том числе сборка и сварка несущей рамы кузова вагона, ее покраска; производство котлов для железнодорожных вагонов-цистерн и монтаж сливо-наливной арматуры на котлы; сборка тележек грузовых вагонов и их комплектующих; производство крупного вагонного литья и другие подобные задачи [4].

Таким образом, в данных документах не обнаружено прямое указание на необходимость развития автотранспортной отрасли и подготовку специалистов в указанной сфере.

В результате предпринятых усилий от учредителя был получен ответ о необходимости соблюдения конкурсной процедуры при выделении контрольных цифр приема на соответствующий период и о невмешательстве в данный процесс ни со стороны других министерств и ведомств разных уровней, ни со стороны руководителей различных предприятий и организаций.

**Обсуждение.** Таким образом, в настоящее время возможны несколько стратегий сохранения возможности подготовки специалистов для автотранспортной отрасли.

Первый – ожидать пересмотра учредителем выделенных КЦП на следующий период времени и увеличения числа бюджетных мест на те или иные образовательные программы.

Второй - начинать реализацию подготовки по смежным группам УГНС, на которые бюджетные места учредителем выделяются.

Третий - инициировать подготовку специалистов для автотранспортной отрасли, найдя соответствующие профили на программах, на которые бюджетные места учредителем выделяются.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента РФ от 02.07.2021 N 400 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации" [Электронный ресурс].– Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389271/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/)

2. Указ Президента РФ от 13.05.2017 N 208 "О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года" [Электронный ресурс].– Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216629/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216629/)

3. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 N 3363-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [Электронный ресурс].– Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_402052/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/)

4. Распоряжение Правительства РФ от 17.08.2017 N 1756-р (ред. от 13.10.2022) «Об утверждении Стратегии развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс].– Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_222901/c431dcfc83314136adc03be82f485ee7413a192d/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_222901/c431dcfc83314136adc03be82f485ee7413a192d/)

## РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОПЫТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ КАДРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТА

Баранова Елена Владиславовна, старший преподаватель, [elenbaranova@yandex.ru](mailto:elenbaranova@yandex.ru)

Баранов Алексей Сергеевич, к.т.н., доцент, [baranowas@mail.ru](mailto:baranowas@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В работе рассмотрены результаты анализа содержания нескольких профессиональных стандартов в области транспорта. Выделены ключевые компетенции, необходимые для руководящих работников. Проанализированы предлагаемые в регионе программы повышения квалификации в указанной области. Сделан вывод о недостаточности такого рода предложений.*

**Ключевые слова:** профессиональные стандарты, компетенции, повышение квалификации, подготовка кадров, транспортная отрасль.

Компетенции работника с некоторой долей условности можно разделить на несколько групп: так называемые гибкие навыки (softskills) и жесткие навыки (hardskills).

В некоторых источниках в настоящее время в отдельную группу выделяют цифровые навыки (digitalskills), к которым относят умения, необходимые для использования цифровых устройств, коммуникационных сетей, различных приложений, для обеспечения доступа к информации и управления ею.

В литературе предпринимаются попытки выделения в отдельную группу иных видов компетенций, например, инновационных, к которым относят способность к творчеству; навыки проектного взаимодействия; готовность к саморазвитию; навыки самоменеджмента; быстрой адаптации; готовности к риску [1].

Безусловно, что для профессионального роста и занятия должностей управленческих категорий работнику необходимо совершенствовать все указанные группы компетенций. Это положение находит отражение в профессиональных стандартах, в которых для выполнения трудовых функций, предусмотренных для управленческого персонала, в качестве необходимого условия заложены умения, выходящие далеко за пределы жестких навыков.

Рассмотрим три профессиональных стандарта, упоминаемые в федеральных государственных образовательных стандартах по подготовке выпускников на направлениях транспорта (Эксплуатация транспортно-технологических комплексов, Технология транспортных процессов): «Специалист по логистике на транспорте», «Специалист по мехатронным системам автомобиля», «Специалист по техническому диагностированию и контролю технического состояния автотранспортных средств при прохождении ТО».

В таблицу 1 сведены трудовые функции и рекомендуемые должности для управленческой категории работников.

Таблица 1 – Выборочное содержание профессиональных стандартов для руководителей в транспортной отрасли

Трудовые функции	Уровень образования	Рекомендуемые должности
Организация процесса перевозки груза в цепи поставок	Бакалавриат	Начальник отдела, менеджер, координатор по логистике на транспорте, начальник отдела логистики на транспорте
Контроль результатов логистической деятельности по перевозке груза в цепи поставок	Специалитет или магистратура	Начальник отдела транспорта и логистики, руководитель отдела транспортной логистики, зам.директора по логистике на транспорте
Разработка стратегии в области логистической деятельности по перевозкам грузов в цепи поставок	Специалитет или магистратура	Директор по логистике, по транспорту, заместитель директора по логистике
Руководство выполнением работ по ТО и РАТС и их компонентов	Бакалавриат	Начальник отдела, цеха, участка; начальник производства
Организация деятельности по выполнению гарантийных обязательств организации-изготовителя АТС и сервисного центра АТС	Бакалавриат	Инженер по гарантии, ведущий специалист
Управление деятельностью по ТО и Р АТС в сервисном центре	Специалитет или магистратура	Заместитель директора по сервису
Управление деятельностью по ТО и Р АТС в сервисной сети	Специалитет или магистратура	Заместитель директора по сервису
Внедрение и контроль соблюдения технологии технического осмотра	Бакалавриат	Старший технический эксперт
Управление оператором технического осмотра (пунктом ТО)	Специалитет или магистратура	Директор, управляющий оператора ТО

Источник: составлено по [2], [3], [4].

Рассмотрим соотношение необходимых знаний и умений на примере двух профессиональных стандартов. Изучив профессиональный стандарт специалиста по логистике на транспорте, выделим следующие группы компетенций, не относящихся к категории жестких навыков (таблица 2).

Таблица 2 – Выборочное содержание компетенций для специалиста по логистике на транспорте (уровень руководителя)

Содержание компетенции	Область знаний
<b>Уровень 6</b>	
Работать в различных корпоративных информационных системах; работать на персональном компьютере с применением необходимых программ;	Информационные технологии
Владеть иностранным языком на уровне, необходимом для компетентного решения производственных задач;	Лингвистика, Иностранный язык
Оформлять документы на несоответствующую услугу; анализировать и проверять документы на соответствие правилам и порядку оформления документов	Документоведение
Профессионально работать с претензионной документацией; проводить конкурсные процедуры;	Юриспруденция

Содержание компетенции	Область знаний
Оперативно проводить анализ рынка подрядчиков в условиях недостаточности информации; устанавливать требования клиентов к результату перевозки и ранжировать их по степени значимости для клиентов;	Маркетинг
Вести переговоры с подрядчиками в условиях дефицита времени; Проводить переговоры с клиентами из различных отраслей экономики;	Деловая коммуникация
Анализировать информацию, оперативно формировать отчеты о результатах перевозки;	Менеджмент, системный анализ
<b>Уровень 7</b>	
Пользоваться различными корпоративными программами	Информационные технологии
Вести операционную отчетность в соответствии с локальными НА; использовать общие и специальные источники информации для формирования операционной отчетности;	Документоведение
Выявлять ведущие компании и условия конкуренции на рынке перевозок грузов; Оперативно анализировать потребности и мотивы клиентов;	Маркетинг
Вести деловые переговоры, переписку с соблюдением правил деловых коммуникаций;	Деловая коммуникация
Готовить аналитические материалы на основе имеющихся данных в отведенное для этого время; анализировать информацию и формировать различные операционные отчеты; анализировать финансовую отчетность; финансовую информацию и оперативно формировать финансовые отчеты; оперативно и компетентно разрабатывать план мероприятий по достижению финансовых показателей; оценивать надежность страховщиков с приемлемым уровнем погрешности; определять максимально возможные убытки в условиях недостаточности данных; реализовывать проекты, направленные на снижение себестоимости операций; в совершенстве владеть методами системного анализа информации и ее упорядочивания; обобщать и систематизировать информацию под решаемые задачи;	Финансовый менеджмент, системный анализ
Применять методы и инструменты стратегического анализа операционной деятельности; формулировать стратегические цели и задачи; составлять план реализации в соответствии с целями; осуществлять мониторинг реализации стратегии; формулировать видение, миссию и ценности; прогнозировать и анализировать тенденции развития логистики	Менеджмент

Источник: составлено по [4].

Таблица 3 – Выборочное содержание компетенций для специалиста по мехатронным системам автомобиля (уровень руководителя)

Содержание компетенции	Область знаний
<b>Уровень 6</b>	
Применять стандартное программное обеспечение; вести электронную базу по гарантийным документам; осуществлять ввод данных в электронную базу информации о гарантийных работах на АТС;	Информационные технологии
Оформлять документацию по установленным формам (рекламационные акты); Изучать документацию, выявлять и идентифицировать отклонения в оформлении гарантийных документов; Систематизировать архивные документы по гарантийному ремонту;	Документоведение, юриспруденция
Аргументировать решение о приеме в ремонт или отказе в гарантийном ремонте; Вести переговоры с заводом-изготовителем АТС по вопросам выполнения гарантийных обязательств;	Деловая коммуникация



Содержание компетенции	Область знаний
Анализировать проблемы и причины несвоевременного выполнения работ; анализировать результаты внедрения/апробации новых технологий и способов ТО и ремонта; обосновывать мероприятия по улучшению/совершенствованию процесса ТО и ремонта; планировать рабочее время, необходимое на проведение работ; планировать загрузку ремонтной зоны сервисного центра; контролировать рациональное использование расходных материалов;	Операционный и стратегический менеджмент, системный анализ, управление качеством
<b>Уровень 7</b>	
Разрабатывать регламентирующие документы по технической и консультационной поддержке сервисной сети;	Документоведение и юриспруденция
Анализировать показатели рынка сервиса АТС и их компонентов; оценивать конкурентоспособность оказываемых услуг; анализировать лучшие практики по организации сервисной сети; планировать мероприятия по развитию сервисных услуг с учетом маркетинговых исследований рынка; анализировать лучшие практики по организации сервиса АТС и их компонентов; планировать мероприятия по развитию сервиса АТС и их компонентов с учетом маркетинговых исследований рынка; разрабатывать предложения по совершенствованию сервисного обслуживания с учетом оценки удовлетворенности потребителей;	Маркетинг
Анализировать показатели процессов сервисного центра; разрабатывать показатели эффективности деятельности в области сервиса; планировать загрузку сервисного центра; улучшать/совершенствовать процессы ТО и ремонта; внедрять новые технологии при оказании услуг; разрабатывать бизнес-процессы по оказанию сервиса и формированию сервисной сети; использовать лучшие практики по оказанию технической и консультационной поддержки субъектов сервисной сети; контролировать деятельность субъектов сервисной сети; формировать программы аудита процесса выполнения гарантийных обязательств;	Операционный и стратегический менеджмент, системный анализ
Определять требования к компетентности сотрудников сервисного центра; определять потребность в обучении персонала сервисного центра; проводить интервью в процессе найма персонала сервисного центра; формировать требования к компетентности персонала;	Управление персоналом
Контролировать качество предоставления услуг; анализировать проблемы и причины несвоевременного выполнения работ;	Управление качеством
Формировать бюджет сервисного центра; формировать бюджет гарантийных затрат; управлять затратами на исполнение гарантийных обязательств	Финансовый менеджмент

Источник: составлено по [3].

Таким образом, как видно из таблиц 2,3, управляющим работникам в области логистики и сервиса АТС, помимо жестких навыков, необходимо усвоение большого объема знаний в области стратегического менеджмента, маркетинга, финансов, юриспруденции, управления персоналом и управления качеством, ведения деловой коммуникации и прочих областей знаний.

В результате анализа предложений по приобретению необходимого набора компетенций руководителей в указанных сферах транспорта выявлено небольшое число удовлетворяющих вышеуказанным требованиям вариантов. Например, АНО НИИ Управления предлагает для реализации программу повышения квалификации объемом в 72 часа либо курс профессиональной подготовки объемом в 260 часов по организации перевозок и управлению на транспорте, по эффективному управлению и развитию автосервиса и оптимизации ресурсов АТП стоимостью 4500 рублей и 12 000 рублей соответственно. Алтайский государственный университет предлагает обучение по программе повышения квалификации «Ведение предпринимательской деятельности»

объемом в 120 часов с заявленной стоимостью 10000 рублей, «Менеджмент и экономика» объемом в 72 часа стоимостью 7600 рублей. Анализируя содержание вышеуказанных и прочих подобных программ, можно сделать вывод о недостаточной степени их наполненности указанными в профессиональных стандартах дисциплинами. Вероятно, обучение по соответствующим программам магистратуры могло бы компенсировать данный недостаток, однако в г. Барнауле магистерских программ по управлению транспортной логистикой, управлению автосервисным центром для реализации не предлагается.

Приобретение необходимых компетенций реализуется через различного рода тренинги и семинары, организуемые в дистанционном формате образовательными учреждениями других регионов, и стоимость подобных программ начинается от 30000 рублей. Помимо этого, крупные сертифицированные автоцентры реализуют внутрифирменные программы обучения для своих сотрудников в так называемом закрытом формате.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в регионе в недостаточной степени представлены услуги по приобретению заявленных в профессиональных стандартах компетенций в области управления на транспорте, что, безусловно, снижает эффективность работы организаций транспортной отрасли и стимулирует отток кадров за пределы региона.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Додохян Т.М. Повышение инновационной активности организации на основе совершенствования инструментов управления человеческим капиталом: дис. ... канд. экон.наук. Воронеж : 2022. 168 с.

2. Профстандарт: 31.004. Специалист по мехатронным системам автомобиляРФ[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://classinform.ru/profstandarty/31.004-spetcialist-po-mehatronnym-sistemam-avtomobilia.html>

3. Профстандарт: 33.005. Специалист по техническому диагностированию и контролю технического состояния автотранспортных средств при периодическом техническом осмотре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://classinform.ru/profstandarty/33.005-spetcialist-po-tekhnicheskomu-diagnostirovaniu-i-kontroliu-tekhnicheskogo-sostoiانيا-avtotransportnykh-sredstv-pri-periodicheskom-tekhnicheskom-osmotre.html>

4. Профстандарт: 40.049. Специалист по логистике на транспорте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://classinform.ru/profstandarty/40.049-spetcialist-po-logistike-na-transporte.html>

#### ТЕСТЫ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКОВ САМОКОНТРОЛЯ СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ КУРСА «ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ»

Панин Алексей Владимирович, к.т.н., доцент, [paninbar@yandex.ru](mailto:paninbar@yandex.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрены возможности компьютерного тестирования на основе использования системы управления обучением ILIAS применительно к конкретной учебной дисциплине направления подготовки Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов. Исследованы актуальность самоконтроля в профессиональном обучении, условия его формирования, уровни, методы и средства, выделены специфические отличия тестов самоконтроля и контроля.*

**Ключевые слова:** самоконтроль, компьютеризация обучения, самообразовательная компетенция, тесты учебных достижений, компьютерное тестирование, обучающая платформа ILIAS.

Самоконтроль в дидактике давно уже существует как необходимый компонент учебно-познавательного процесса, наряду с восприятием, осмыслением, пониманием, запоминанием и контролем. Овладение навыками самоконтроля крайне важно как для

качественной учебной деятельности в настоящем, так и для самообразования в будущем. Необходимость самоконтроля обусловлена практическими целями обучения, которые вытекают из требований федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов. В частности, одна из универсальных компетенций выпускника отражает способность управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6). Это отражает смысл самого понятия самоконтроля как сознательного, лишённого внешнего принуждения регулирования собственной деятельности. Уровень самоконтроля, таким образом, выступает в качестве одного из важнейших критериев профессиональной компетенции выпускника.

В работах многих исследователей (Д. Н. Богоявленский, Л. Б. Ительсон, И. Я. Лернер, А. С. Лында, Н. А. Менчинская, В. Л. Крутецкий, А.В. Петров, В.С. Стародубцева и др.) проблема самоконтроля рассматривается в разных аспектах: от широких психолого-педагогических теорий самосознания и саморазвития до частных методик изучения конкретных учебных дисциплин.

Большинство исследователей сходятся на том, что обязательными элементами самоконтроля являются: умение человека поставить перед собой цель, определить возможные пути ее достижения, составить конкретный план достижения заданной цели, и все это на фоне осознанной самооценки человеком своих действий, психических процессов и состояний. Для закрепления данных умений, особенно на начальных этапах их формирования, важнейшим требованием является наличие эталона и возможность поэтапного контроля (самоконтроля) выполнения действий в процессе реализации намеченного плана достижения цели.

Суть понятия самоконтроля максимально точно была сформулирована А. С. Лындой: «под самоконтролем в широком смысле подразумевается контроль своими силами самого себя, собственной работы, собственных знаний, собственного поведения и урегулирование их посредством внесения соответствующих корректив. Это умственные, двигательные и чувственные компоненты процесса деятельности человека, позволяющие ему на основе назначенной цели и запланированного результата (путем сличения, сопоставляя с ним) наблюдать за своими действиями и результатами данных действий, и на основе этого сознательно регулировать их» [1]. Д. Н. Богоявленский и Н. А. Менчинская рекомендуют в процессе обучения самоконтролю переводить текстовую информацию в наглядные схемы, формировать у студентов умение актуализовать представления, стоящие за теми либо иными словами.

Информационные технологии и современные интеллектуальные системы входят в нашу жизнь в геометрической прогрессии, что отражается и в объеме доступной информации, и отступлении «живого» преподавателя на второй план, и расширении возможностей различных электронных платформ для управления процессом обучения. Тем не менее, собственно компьютеризация не всегда стимулирует студента проявлять усердие и ответственность в работе. Чаще же мы наблюдаем обратный процесс: студенты поддаются ложному ощущению полного усвоения даже после беглого прочтения, просмотра или прослушивания изучаемой темы, поскольку в подсознании укоренилась мысль о быстром доступе к любому информационному ресурсу. Выражения «выносная» (или «внешняя») память, также как и «выносной интеллект» человека, пока еще метафоры, но постепенно средства, стоящие за этими понятиями, становятся все более мощными и человекоориентированными, а собственные память и интеллект уже не воспринимаются самим человеком как необходимые, он меньше напрягает свои аналитические способности и меньше надеется на себя. В этих реалиях грамотно организованный самоконтроль особенно актуален, он учит адекватно оценивать результаты своего труда, своевременно замечать ошибки, уяснять требования к работам различного характера до начала их выполнения, сравнивать полученные результаты с заданным эталоном.

Исследователи А.В. Петров, В.С. Стародубцева в качестве условий овладения умениями самоконтроля называют следующие: ориентация студентов на самоконтроль, поэтапная выработка умений самоконтроля с учетом уровня подготовленности, развитие способности к рефлексии своей учебной и профессиональной деятельности [2]. Поэтапная работа по приучению к самоконтролю начинается с мотивации обучающихся, создания методических условий, направленных на выработку потребности самостоятельно контролировать свои учебные и профессиональные достижения. Центральным этапом является создание средств формирования самообразовательной компетенции, включающей и средства самоконтроля учебной деятельности. Уровень сформированности навыков самоконтроля можно диагностировать по двум критериям: собственное стремление студента к самопроверке и его отношение к внешнему контролю. В педагогической литературе обоснованы самые разные подходы к организации системы самоконтроля в обучении, которые зависят от изучаемой дисциплины, возраста обучающихся, этапа учебного процесса, реализуемых преподавателем целей и задач (дидактических, развивающих, воспитательных) и других условий. В частности, студентам предлагаются задания, в которые намеренно введены ошибки, работа над собственными ошибками после самостоятельного выполнения задания, самооценка и взаимооценка проверочных работ.

Среди прочих методов и средств контроля и самоконтроля в обучении особое место занимают тесты учебных достижений. Сегодня тестирование настолько прочно укоренилось в учебном процессе, что его недостатки уже не вызывают бурного обсуждения, также как и достоинства не вызывают восторженных откликов. Конечно, речь идет, прежде всего, о компьютерном тестировании. Тем не менее, приступая к разработке тестов для самоконтроля, важно учитывать, что компьютерное тестирование имеет ряд специфических особенностей. Прежде всего, повышаются информационные возможности контролирования, преподаватель получает данные о прохождении теста каждым студентом и может отслеживать пропущенные или непосильные для решения задания. Полученные данные в автоматическом режиме систематизируются по заложенным самим преподавателем параметрам. Главным же недостатком компьютерного тестирования считается практическая трудность заложить в программу однозначный эталон правильного ответа для открытых тестов, предполагающих самостоятельное конструирование ответов. По сути, это означает ограничение использования компьютеризированных тестов второго, а тем более третьего уровня.

Большинство доступных на сегодня компьютерных программ предлагают готовые «заготовки» для теста в программной оболочке с автоматизированной генерацией вариантов теста и фиксированной шкалой оценивания. Часто в программах предусмотрены возможности ее адаптации к уровню студентов. Уровень может быть выбран изначально самим обучающимся, или меняться автоматически в зависимости от правильности предыдущих ответов.

Существует множество разнообразных методик тестирования и тестирующих программных продуктов, однако мало кто акцентирует внимание на возможных отличиях между контролирующими тестами и тестами самоконтроля в процессе получения знаний. Обычно самоконтроль осуществляется сразу после изучения темы, в то время как оценочный контроль осуществляется, как правило, после завершения модуля, поэтому для самоконтроля возможны более конкретные, детализирующие вопросы по только что изученному материалу. Кроме того, отличается и сама учебная цель, так как на этом этапе важно убедиться в правильном понимании учебного материала, для чего, пользуясь классификацией В.П. Беспалько, можно использовать тесты нулевого и первого уровня (на понимание и узнавание). Контролирующие же тесты, как правило, проверяют усвоение, включающее в себя, кроме осмысления и понимания, также запоминание узловых вопросов, необходимых для дальнейшего продвижения по траектории изучения дисциплины. Для этого лучше использовать тесты второго и третьего уровня, по которым преподаватель

отслеживает учебные результаты. Напротив, самоконтроль, тестовый или любой другой, не предполагают оценки со стороны преподавателя, и это дает возможность студентам работать с тестом более раскованно и свободно, не боясь снижения своего рейтинга. Однако, мы считаем полезным использовать в тестирующих программах возможность задать преподавателю вопрос по теме.

Тем не менее, независимо от того, разрабатываются и используются тестирующие материалы для контроля или самоконтроля знаний, уже сама работа студентов с тестами, способствует формированию навыков самоконтроля. Грамотно составленные формулировки вопросов приучают правильно представлять информацию, способствуют развитию умений обобщать знания и четко формулировать ответ, использование тестов учит экономить учебное время. Постоянная работа с тестами развиваются память, внимание, неприятие расплывчатых или перегруженных второстепенными деталями формулировок. После такой тренировки осуществлять постоянный самоконтроль в обучении становится значительно легче. Исходя из этого, мы считаем, что можно использовать одни и те же тестовые материалы и для контроля, и для самоконтроля, что не всегда правильно, но все же допустимо.

Неоспоримые преимущества компьютерного тестирования делают привлекательными для студентов процессы самоконтроля и самоподготовки, а главное дают возможность убедиться в правильности понимания материала сразу после выполнения тестовых заданий. По окончании теста обучающиеся могут даже получить предварительный тестовый балл, который гарантированно не заносится ни в какие базы рейтинга студента, он служит лишь ориентиром для него, а возможно и для преподавателя. После прохождения таких тестов можно последовать приведенным рекомендациям, повторить и уточнить не до конца осмысленный материал и пройти этот или аналогичный тест еще раз.

Для упорядочения работы с тестами можно использовать различные системы управления обучением (Learning Management Systems - LMS). Одной из таких систем является платформа ILIAS, в которой мы работаем уже несколько лет. Кроме прочего, данная система может включать не только текстовые материалы, но также аудио и видео лекции, а также внешние образовательные модули, что полезно использовать для реализации помощи при самоконтроле.

При создании тестов ILIAS поддерживает множество типов вопросов, среди которых:

- вопросы с выбором ответа;
- вопросы на упорядочивание;
- вопросы на соответствие;
- вопросы с выбором слов из текста;
- текст с ошибками или пропусками.

Все разработанные вопросы заключаются в пулы, а затем из них формируются тесты. Такой способ предоставляет дополнительные возможности для создания тестов:

- сначала вопросы группируются в несколько пулов по темам или по сложности, а затем из них могут быть созданы адаптивные тесты разного уровня;
- из этих же вопросов мы можем выбирать и тесты для самоконтроля, и тесты для проверки всего курса;
- сравнительно небольшой банк вопросов позволяет конструировать значительное количество самостоятельных тестов;
- повторная попытка пройти один и тот же тест выводит студента на совершенно новую комбинацию вопросов, чему способствует функция случайного добавления вопросов в тест.

Существенно, что сами пулы вопросов могут быть созданы как внутри курса, так и непосредственно в репозитории и использоваться в рамках всей системы.

При разработке тестирования по курсу «Организационно-производственные структуры технической эксплуатации» мы основываемся на рабочей программе дисциплины, ориентируясь, прежде всего, на основные цели, задачи и подлежащие реализации

компетенции. В соответствии с рабочим учебным планом результаты курса соотносятся с профессиональными компетенциями подготовки бакалавров по направлению: эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, профиль: автомобили и автомобильное хозяйство. В частности, если в результате изучения дисциплины обучающиеся должны знать типовые работы в области производственной деятельности по информационному обслуживанию, основам организации производства, труда и управления производством, метрологическому обеспечению и техническому контролю, то эти знания и должны проверять предложенные тесты. Также, разрабатывая тесты, следует учитывать место дисциплины в структуре образовательной программы. Для изучения данной дисциплины студентам необходимы знания, полученные в дисциплинах «Управление социально-техническими системами», «Бизнес-планирование», «Производственный менеджмент», «Техническая эксплуатация автомобилей». Вопросы, отражающие базовые знания из этих дисциплин, также можно включить в пул тестов, особенно если ориентироваться на самопроверку в процессе изучения нового материала. Как правило, эта рекомендация необходима, если не предусмотрен отдельный входной контроль. Для данной дисциплины (объемом 108 часов) нами разработан пул из 178 тестовых заданий, из которых студент получает 25 заданий в одном тесте. Формой компьютерного тестирования мы выбрали автоматизированную генерацию вариантов теста с некоторым дополнением. Данная форма предполагает, что варианты создаются непосредственно во время запуска теста контроля или самоконтроля из банка тестовых заданий.

В тестах присутствуют тестовые задания как закрытого типа, т.е. на выбор ответа, так и задания на соответствие и на последовательность. При этом задания на последовательность визуальным образом оформлены так же, как задания на выбор ответа, то есть все предложенные сочетания последовательностей представлены как готовые варианты ответа. Аналогично оформлены и тестовые задания на соответствие.

Если тестирующие программы планируется использовать для самоконтроля и исключить функцию оценивания, то мы, с учетом целесообразности, имеем возможность наложить следующие ограничения на работу студента: обучающийся сможет завершить тест только при условии, что все задания выполнены верно. Если же хоть одно задание решено неверно, программа выдает аналогичное задание и указание на тему и другие материалы, которые следует повторить. Но сам тест не бесконечен и, если количество неверных ответов превышает пять, то попытки заканчиваются, и тест закрывается. В окне появляется информация о терминах, определениях и понятиях, на которые следует обратить особое внимание. Также предусмотрена кнопка досрочного завершения теста для тех, кто по каким-либо причинам исчерпал свои силы на решение теста или решил ещё раз повторить материал, почувствовав в том необходимость.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лында А. С. Дидактические основы формирования самоконтроля в процессе самостоятельной учебной работы учащихся : учебное пособие. Москва : Высш. школа, 1979. 159 с.
2. Петров А.В., Стародубцев В.С. Сущность самоконтроля в психолого-педагогической теории и практике обучения школьников и студентов вуза // Мир науки, культуры, образования. 2017; 3 (64). С.78-83. URL: <http://amnko.ru>.